

PENGARUH ANGIN TERHADAP SUHU BUSBAR PANEL LISTRIK DENGAN SIMULASI INFRARED THERMOGRAPHY

Tony Koerniawan^{1*}, Aas Wasri Hasanah¹, Ersalia Dewi Nursita¹ dan Satrio Yudho²

¹Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN

²Fakultas Telematika dan Energi, Institut Teknologi PLN

Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat 11750.

*Email: tony.koerniawan@itpln.ac.id

Abstrak

Busbar adalah komponen yang penting pada panel kelistrikan, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala guna memastikan tidak adanya kesalahan operasi yang dapat mengakibatkan kerusakan komponen-komponen yang terhubung pada busbar. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi tersebut adalah dengan mengukur suhu pada busbar. Suhu yang berlebih menandakan adanya tanda-tanda awal kondisi operasi yang tidak optimal. Pada penelitian ini dilakukan simulasi pendinginan busbar dengan pengukuran panas menggunakan metode infrared thermography digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui suhu pada busbar beserta komponen-komponen yang terhubung secara akurat, real-time, dan tanpa tersentuh. Untuk mendinginkan busbar, metode yang digunakan adalah dengan pemasangan turbo-fan mini dengan kecepatan 3-5 m/s yang diukur menggunakan anemometer. Penelitian ini menitik-beratkan pada pengaruh angin terhadap suhu busbar. Dari hasil pengukuran, dapat dilihat bahwa angin dengan kecepatan di bawah 3 m/s tidak memberikan pengaruh signifikan. Sebaliknya, pada kecepatan 4 m/s terjadi penurunan sebesar 8°C dan pada kecepatan 5 m/s terjadi penurunan sebesar 17,3 °C.

Kata Kunci : busbar, emissivity, infrared thermography, suhu.

1. PENDAHULUAN

Busbar adalah konduktor tanpa lapisan isolator berupa plat logam berjenis tembaga (Cu) atau aluminium (Al) berbentuk persegi panjang dengan ukuran tertentu, fungsi *busbar* adalah untuk menghantarkan listrik antara *feeder*, *incomer* dan komponen listrik lainnya di dalam sebuah panel listrik. Pada sistem kelistrikan, *busbar* digunakan pada sistem tegangan rendah hingga tegangan tinggi. Pada sistem tegangan rendah *busbar* terdapat pada panel listrik, dan pada sistem tegangan tinggi *busbar* terdapat pada *switchyard*.

Busbar yang digunakan pada panel listrik untuk mempermudah instalasi serta menghindari sambungan kabel yang terlalu banyak yang dapat menyebabkan penurunan efisiensi pada peralatan listrik. Pada *busbar* sering ditemukan permasalahan berupa *overheat*, kondisi tersebut bisa diakibatkan oleh banyak faktor seperti beban yang tidak seimbang, beban berlebih, sambungan pada *busbar* yang tidak baik serta kualitas kabel yang tidak baik. Maka dari itu, perlu dilakukan inspeksi panas secara berkala pada tiap-tiap komponen yang terdapat pada sistem kelistrikan.

Pengukuran termografi penting dilakukan untuk memeriksa apakah suhu pada *busbar* normal atau tidak, apabila suhu *busbar* terlalu panas dapat menyebabkan kerusakan pada komponen yang terhubung dengan *busbar* (J.Hus, 1990). Hasil pengukuran termografi pada *busbar* dipengaruhi oleh berbagai faktor, faktor-faktor yang dapat memengaruhi berupa faktor eksternal dan faktor internal. Faktor internal yang memengaruhi pengukuran termografi pada busbar adalah nilai *emisivity* material

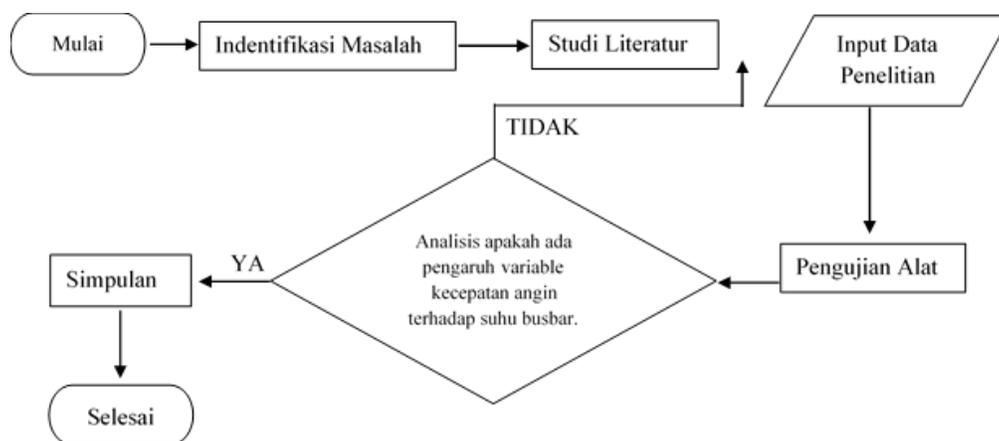
busbar, sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi pengukuran termografi pada *busbar* misalnya angin dan suhu ruangan yang dapat mempengaruhi suhu *busbar* secara keseluruhan.

Busbar yang digunakan di dalam penelitian ini merupakan model simulasi dari *busbar* yang merepresentasikan kondisi di pada panel sebenarnya. Ukuran *busbar* yang digunakan adalah 33 cm x 5 cm dengan ketebalan 1 cm. Suhu normal dari *busbar* kecil adalah 40 °C (Kartono, 2017), namun pada penelitian ini, *busbar* dipanaskan hingga mencapai 60 °C. Dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variabel kecepatan angin terhadap suhu pada *busbar* tersebut dengan pengamatan melalui *infrared thermography*, dan melihat pengaruh hubungan antara suhu dan *emisivity* apakah ada hubungan yang *linier*.

2. METODOLOGI

2.1. Diagram Alir Penelitian

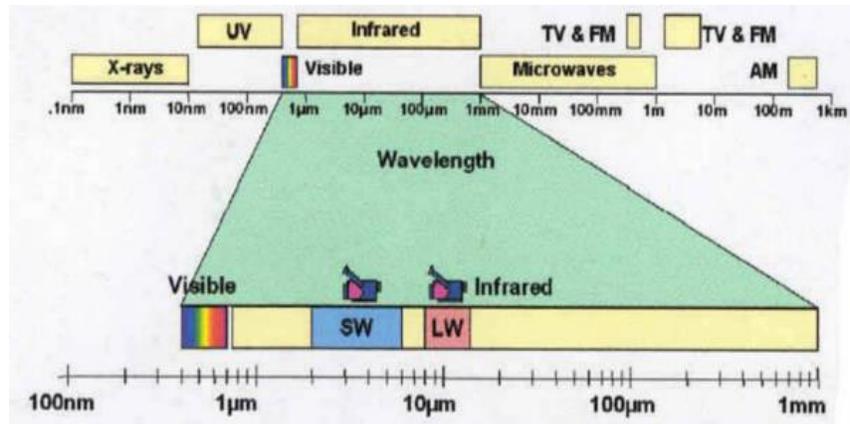
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitatif dan kuantitatif. Metode penelitian kualitatif digunakan untuk mengetahui titik panas (*hotspot*) dari *busbar*, sedangkan metode kuantitatif digunakan untuk mengetahui nilai suhu dari tiap-tiap kondisi pengukuran pada *hotspot* yang dianalisis serta bagaimana pengaruh angin terhadap suhu tersebut, adapun skema penelitian seperti terlihat pada diagram alir pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2. Infrarerd Thermography

Infrared thermography merupakan sistem pemeriksaan *Non-Destructive Test* (NDT) dengan menggunakan kamera inframerah untuk memeriksa suhu pada berbagai aspek kehidupan di berbagai sektor salah satunya adalah peralatan listrik dan mekanik. Dalam penerapannya di sektor tenaga listrik dan industri, kamera inframerah digunakan untuk memantau suhu ketika peralatan beroperasi lalu dibandingkan dengan suhu saat operasi normal dari peralatan tersebut, maka dapat dianalisis apakah ada atau tidak penyimpangan suhu yang merupakan gejala awal dari kerusakan peralatan atau hanya sekedar kondisi operasi yang tidak optimal (Kusmantoro, 2013).



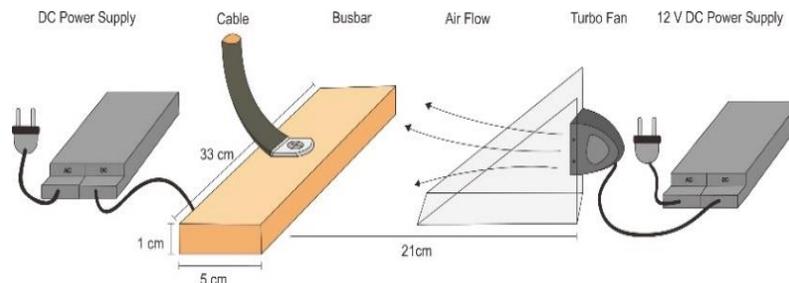
Gambar 2. Spektrum gelombang elektromagnetik (Kartono, 2017)

Kamera inframerah bekerja pada rentang gelombang tertentu, yaitu pada panjang gelombang 3-12 μm . Berdasarkan jangkauan spektrumnya sendiri kamera inframerah dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu *short wave infrared camera* dan *long wave infrared camera*. *Short wave infrared camera* memiliki rentang gelombang 3-5 μm , kamera jenis ini relatif lebih sensitif terhadap suhu tinggi. *Long wave infrared camera* memiliki rentang gelombang 8-12 μm , kamera jenis ini relatif lebih sensitif terhadap suhu rendah (Kurniajaya, 2011).

Kamera inframerah bekerja dengan cara menangkap pancaran radiasi termal (inframerah) yang dipancarkan oleh benda. Benda dengan suhu di atas 0 K dapat memancarkan sinar inframerah. Intensitas radiasi yang dipancarkan oleh benda akan semakin besar apabila suhu benda tersebut semakin tinggi (Kusmantoro, 2013). Sebelum melakukan analisis terhadap suhu pada komponen kelistrikan, tentu diperlukan peralatan yang menggunakan kamera inframerah untuk melakukan suatu observasi tahap awal. Dalam hal ini jenis kamera yang digunakan adalah kamera inframerah FLIR T440.

2.3. Metode Pendinginan Busbar

Busbar yang diatur dengan temperatur tinggi pada alat ini akan dilihat penurunan suhunya dengan menggunakan kamera inframerah. Dalam hal ini, metode yang digunakan untuk mendinginkan suhu *busbar* adalah dengan cara memasang kipas turbo DC.



Gambar 3. Skema pendinginan busbar

Kecepatan angin dapat diatur dengan cara mengubah tegangan pada catu daya DC 12V yang berupa *adjustable adaptor*. *Outlet* dari kipas diarahkan ke titik terpanas (*hotspot*) pada *busbar* dan kemudian diatur pada 3 kecepatan angin. Kecepatan angin yang diatur adalah 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s. Metode yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin adalah dengan alat ukur berupa *anemometer*. Jarak antara *outlet* kipas dan *busbar* diatur sejauh 21 cm.



Gambar 4. Alat simulasi pengukuran suhu busbar

2.4. *Emissivity*

Emissivity adalah ukuran kemampuan suatu benda untuk memancarkan energi inframerah (Kurniajaya, 2011). *Emissivity* dapat memiliki nilai dari 0 hingga 1. Contoh benda yang memiliki nilai *emissivity* 0 adalah cermin yang mengkilap dan benda yang memiliki nilai *emissivity* 1 adalah benda hitam. Nilai *emissivity* dari sebuah objek menunjukkan bagaimana kemampuan objek tersebut untuk merepresentasikan energi panas yang dikandungnya dan dipancarkan dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik atau inframerah (Halliday D, 1972).

Tabel 1. Nilai *emissivity* aluminium dan tembaga

Material	T (°C)	<i>e</i>
Aluminium		
<i>Polished</i>	20	0,04
<i>Polished</i>	600	0,06
<i>Rough</i>	20	0,05
<i>Oxidized</i>	200	0,11
<i>Oxidized</i>	600	0,19
Copper		
<i>Good polish</i>	20	0,03
<i>Scraped shiny</i>	20	0,07
<i>Oxidized plate</i>	200-600	0,57
<i>Oxide</i>	900	0,60

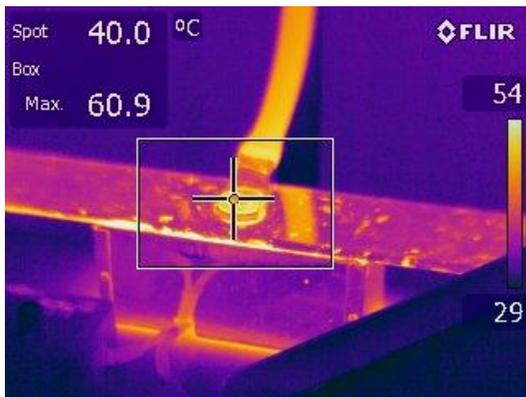
Dengan demikian, objek yang memiliki nilai *emissivity* lebih besar akan meradiasikan gelombang inframerah dengan tingkat intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan objek dengan *emissivity* yang lebih rendah pada kondisi suhu yang sama. Oleh karena itu kamera inframerah selalu dilengkapi dengan pilihan pengaturan *emissivity* untuk menyamakan dengan *emissivity* objek yang sedang diukur agar data yang lebih akurat. Tetapi pada praktiknya, objek yang diukur dapat memiliki nilai *emissivity*

yang beragam, sehingga kesalahan pengukuran dapat terjadi dan menyebabkan analisis serta hipotesis yang kurang tepat (Kusmantoro, 2013).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan pengambilan data, *busbar* dipanaskan terlebih dahulu sampai mencapai suhu maksimumnya, kemudian kipas dinyalakan dengan diberikan nilai variabel tegangan yang berbeda sehingga mencapai nilai kecepatan angin tertentu yang diukur menggunakan *anemometer*. Pada penelitian ini, kecepatan angin diatur pada interval 3 m/s sampai 5 m/s. Pengukuran dilakukan dengan melihat *hotspot* pada koneksi *busbar*, hal ini dilakukan dengan tujuan agar hasil pengukuran sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan. Selain itu, hal ini juga dipengaruhi oleh nilai *emissivity* dari bahan yang digunakan pada *busbar* bernilai cukup rendah dan cenderung menyebabkan hasil pengukuran yang tidak akurat. Nilai *emissivity* yang rendah menyebabkan bahan tersebut memiliki sifat cenderung memantulkan panas dari area di sekitarnya, dan tidak menampilkan pancaran panas dari benda tersebut.

Pada pengambilan data pertama, *busbar* dipanaskan hingga mencapai suhu yang *steady state*. Percobaan ini dilakukan untuk melihat bagaimana kondisi *hotspot* pada *busbar* dengan menggunakan kamera inframerah. Hasilnya diketahui suhu pada *jointing busbar* dengan kabel adalah 60.9°C. Titik *hotspot* diarahkan pada sambungan *busbar* dengan kabel agar hasil pengukuran lebih akurat, karena *polished cooper* sebagai material penyusun *busbar* memiliki nilai *emissivity* yang kecil, yaitu 0.06.



Gambar 5. Termal hasil pengukuran tanpa pengaruh angin

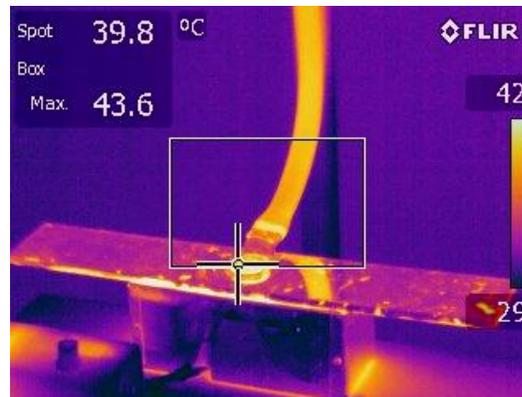


Gambar 6. Termal hasil pengukuran dengan angin berkecepatan 3 m/s

Pengukuran kemudian dilanjutkan dengan menyalakan kipas DC yang diberikan tegangan tertentu sehingga angin yang dihembuskan berkecepatan 3 m/s. Kecepatan angin tersebut diukur menggunakan *anemometer* guna mendapatkan nilai yang presisi. Angin pada *outlet* dari kipas kemudian diarahkan ke *hotspot* yakni koneksi yang terletak di tengah *busbar*. Angin dengan kecepatan 3 m/s tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap suhu pada *busbar*, setelah dilakukan pengukuran hanya terjadi penurunan sebesar 1,4°C.

Pada pengukuran selanjutnya, kecepatan putaran kipas DC ditambahkan. Angin yang dihembuskan berkecepatan 4 m/s menurut pengukuran dari *anemometer*. Posisi *outlet* dari kipas tetap diarahkan ke *hotspot* yang sama, yaitu ke titik koneksi di antara *busbar* dengan *kabel*. Angin dengan kecepatan 4 m/s cukup memberikan dampak yang signifikan kepada suhu *busbar*. Dapat dilihat suhu *busbar* yang terukur menggunakan kamera inframerah adalah 52.9°C, ada perbedaan 8°C dengan *busbar* yang tidak diberikan hembusan angin.

Kondisi terakhir yang diukur adalah *busbar* yang diberikan pengaruh eksternal berupa angin dengan kecepatan 5 m/s. Angin yang dihembuskan masih bersumber dari kipas DC. Pada pengukuran ini, terjadi penurunan panas pada *busbar* dengan nilai yang cukup signifikan, yaitu 9,3°C.



Gambar 6. Termal hasil pengukuran dengan angin berkecepatan 5 m/s

Dari masing-masing pengukuran, terlihat bahwa kecepatan angin dapat memengaruhi suhu pada *busbar*. Secara keseluruhan, *busbar* mengalami penurunan suhu sebesar 17,3°C dari kondisi awal tanpa adanya pengaruh angin. Setelah dilakukan pengukuran pada alat tersebut, didapatkan data-data berupa perubahan suhu pada *busbar* seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran menggunakan thermography

Wind Speed (m/s)	Suhu (°C)
0	60,9
3	59,5
4	52,9
5	43,6

Berdasarkan proses pengambilan data didapatkan bahwa kondisi eksternal berupa angin dapat mempengaruhi suhu pada *busbar*, tercatat apabila kecepatan kipas diatur pada 3 m/s terdapat penurunan suhu sebesar 1,4°C, disaat kecepatan kipas diatur pada kecepatan 4 m/s terdapat penurunan suhu sebesar 8°C, dan disaat kecepatan kipas diatur pada kecepatan 5 m/s terdapat penurunan suhu sebesar 17,3°C. Dengan nilai penurunan suhu yang tidak signifikan pada suhu awal *busbar* dengan saat dipengaruhi angin berkecepatan 3 m/s, maka dapat diasumsikan bahwa angin dengan kecepatan di bawah 3 m/s tidak berpengaruh pada suhu *busbar*.

4. KESIMPULAN

Angin dengan kecepatan di bawah 3 m/s dapat diasumsikan tidak mempengaruhi suhu pada *busbar* dengan mempertimbangkan nilai ΔT pada kecepatan 3 m/s hanya sebesar 0,6°C. Angin dengan kecepatan 4 m/s mulai menyebabkan penurunan suhu yang signifikan pada *busbar*, dengan ΔT 8°C. Angin dengan kecepatan 5 m/s menyebabkan penurunan suhu yang sangat signifikan pada *busbar*, dengan ΔT 8°C 17,3°C. Pada *infrared thermography*, suhu dan *emisivity* tidak menunjukkan hubungan yang *linier*.

DAFTAR PUSTAKA

Halliday, D., and Resnick, R., (1972). *Fundamentals of Physics*, New York.

J.Hus, (1990). Estimating Busbar Temperatures. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 26 (5), pp. 926-934.

Kartono, A., Suryanto, A., and Apriyanto, E.B., (2017). Pemanfaatan Teknologi Infrared Thermography Untuk Deteksi Dini Kegagalan Isolasi Jaringan Kabel Listrik UNNES. *Jurnal Sains dan Teknologi*, Volume 15, pp. 157-172.

Kurniajaya, D., (2011). Pengaruh Emissivity Terhadap Hasil Pengukuran Pada Sistem Dengan Menggunakan Kamera Inframerah, *Skripsi*, Universitas Diponegoro, Semarang.

Kusmantoro, A., and Sukamta, S., (2013). Pemeriksaan Kondisi Peralatan Mekanikal Dan Elektrikal Gedung Menggunakan Metode Infrared Thermography. *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, Volume 5, pp. 6-11.