

## PEMELIHARAAN PREDIKTIF PADA JARINGAN LISTRIK DENGAN *THERMOGRAPHY* INFRA MERAH

**ARI SATMOKO, ABDUL HAFID**

*Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir – BATAN  
Kawasan Puspitek, Serpong  
Tangerang Telp (021) 7560912*

### **Abstrak**

**PEMELIHARAAN PREDIKTIF PADA JARINGAN LISTRIK DENGAN *THERMOGRAPHY* INFRA MERAH.** Setiap industri, proses, bangunan atau fasilitas apapun selalu memerlukan listrik. Dengan demikian, kesinambungan ketersediaan listrik perlu dijaga setiap saat. Kegagalan suatu komponen akan dapat berakibat pada berhentinya pasokan listrik. Padahal seiring dengan waktu, proses degradasi material dapat menyebabkan cacat pada komponen listrik dan permukaan sentuh. Cacat tersebut dapat mengurangi sifat konduktor listrik. Akibatnya ketika arus mengalir, panas disipasi yang berlebihan dapat merusak atau mengakibatkan kegagalan suatu komponen listrik. Untuk menghindari hal tersebut, pemeliharaan sistem kelistrikan harus tepat. Model pemeliharaan prediktif melalui pemantauan suhu dengan inspeksi *thermography* merupakan model pemeliharaan yang tepat. Bahkan evaluasi lanjutan dari hasil *thermography* dapat mengarah pada pemeliharaan proaktif yang dapat memperpanjang umur operasi suatu peralatan. Dari pengalaman inspeksi, terbukti bahwa teknik *thermography* dapat mendeteksi anomali suatu komponen listrik secara dini. Apabila diikuti dengan perbaikan sesegera mungkin, maka kegagalan komponen dapat dicegah.

*Kata Kunci: thermography, infra merah, pemeliharaan, prediktif, listrik*

### **Abstract**

**PREDICTIVE MAINTENANCE IN THE ELECTRICITY NETWORK BY USING THE INFRA RED Thermography.** All industries, process, buildings, and other facilities always need the electric energy. So, the electricity should always continually be available. A failure of an electric component can stop the energy supply. By time, material degradation process can lead to the deflection on the electric component and on the contact surface. Due to this deflection, the electric conductivity decreases. When a current flows, heat dissipated in excess could lead to the electric component destruction. To avoid this, the maintenance of the electric system should be appropriate. The predictive maintenance model by monitoring temperature using *thermography* technique is a good model. Even, more detail evaluation can conduct to proactive maintenance that can lengthen the lifetime of the component. From inspection experiences, it is proved that *thermography* can detect early an anomaly of the electric component. If it is followed by necessary reparation as soon as possible, the failure of the component can be prevented.

*keywords: thermography, infrared, maintenance, predictive, electric*

### **PENDAHULUAN**

Setiap industri, proses, bangunan atau fasilitas apapun selalu memerlukan listrik untuk beroperasi. Kegagalan suatu komponen listrik akan menyebabkan terhentinya pasokan listrik yang kemudian akan mengganggu proses

produksi. Bahkan kegagalan komponen listrik dapat berakibat fatal pada kecelakaan yang dapat memakan korban material maupun manusia. Apapun wujud energi listrik, tidak ada sistem kelistrikan yang 100% efisien. Arus yang melalui jaringan listrik akan

membangkitkan panas karena adanya tahanan listrik.

Proses penuaan yang ditandai dengan degradasi material adalah suatu proses yang tidak bisa dihindari, namun masih dapat dikendalikan. Di bidang kelistrikan, proses degradasi material dapat menyebabkan cacat pada komponen dan permukaan sentuh. Cacat tersebut dapat mengurangi sifat konduktor listrik. Dengan naiknya tahanan listrik, maka arus yang mengalir menjadi terhambat. Akibatnya efek *Joule* menghasilkan panas *disipasi* berlebihan. Pada giliran berikutnya ketika temperatur operasi meningkat, maka umur pengoperasian suatu komponen berkurang.

Berbagai fenomena dapat mempercepat cacat komponen seperti fluktuasi beban, getaran, kerusakan logam, lingkungan yang ekstrim seperti suhu tinggi, angin, atau bahan kimia. Bahkan kotoran atau debu di udara juga dapat meningkatkan laju kerusakan dan jumlah kerusakan dalam jaringan listrik.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, strategi pemeliharaan yang berbasis pada pemantauan kondisi suatu peralatan mulai diterapkan. Berbagai kondisi dapat dipantau misalnya vibrasi/getaran, temperatur, unjuk kerja, kondisi kimia, dan lain-lain. Salah satu teknik praktis yang akan dibahas dalam makalah ini adalah teknik *thermography* menggunakan kamera infra merah. Teknik ini telah pula diaplikasikan pada sistem jaringan listrik Gedung PTRKN baik pada instalasi perkantoran maupun pada sarana penelitian Untai Uji Thermohidrolika Reaktor (UUTR).

## TEORI

### Model Pemeliharaan

Kegagalan suatu komponen merupakan akibat dari suatu proses penuaan material yang berjalan dengan waktu. Proses degradasi ini tidak dapat dihindari, namun dapat dikendalikan melalui kegiatan pemeliharaan yang tepat. Dewasa ini dikenal empat model pemeliharaan: *breakdown maintenance*, pemeliharaan preventif, pemeliharaan prediktif dan pemeliharaan proaktif<sup>[1]</sup>.

Dalam filosofi *breakdown maintenance*, perbaikan dilakukan setelah mengalami kerusakan. Dalam hal ini kegagalan atau kecelakaan sudah telanjur terjadi. Korban

bukan hanya sekedar materi namun juga nyawa manusia. Biaya yang diakibatkan cenderung mahal dan bisa berdampak domino pada sektor lain seperti hilangnya kepercayaan masyarakat. Sedangkan, pemeliharaan secara preventif mengacu pada penggantian komponen sesuai perkiraan waktu umur. Strategi seperti ini diperkirakan dapat menghemat biaya sekitar 75% dibanding *breakdown maintenance*<sup>[1]</sup>. Namun, model pemeliharaan preventif memiliki kelemahan karena tidak melihat apakah komponen tersebut masih berkondisi bagus atau tidak. Atau mungkin saja, kesalahan desain maupun kesalahan pengoperasian mengakibatkan sebuah komponen mempunyai umur di bawah perkiraan. Hal ini dapat mengarah pada kecelakaan dini. Oleh karena itulah dikembangkan pemeliharaan secara prediktif yang didasarkan pada pantauan suatu kondisi atau kinerja suatu peralatan. Kondisi yang dimonitor bisa saja vibrasi, temperatur, unjuk kerja, unsur kimia dan lain-lain. Dengan pantauan secara rutin, kejanggalan suatu kondisi dapat terdeteksi secara dini. Pemeliharaan secara prediktif dapat menghemat biaya sekitar 60% dibanding pemeliharaan secara preventif<sup>[1]</sup>. Sedangkan pemeliharaan proaktif mengacu pada suatu kegiatan pemeliharaan yang bertujuan mengantisipasi terjadinya kegagalan. Revisi desain ataupun penambahan komponen dalam rangka memperpanjang umur suatu peralatan merupakan salah satu contoh dalam kategori pemeliharaan secara proaktif. Hal ini dapat dilakukan karena fenomena yang dapat merusak peralatan diketahui secara pasti.

### Temperatur dan Thermography

Temperatur merupakan variabel yang paling mudah dipantau. Hampir semua fenomena alam akan mengakibatkan terjadinya perubahan temperatur. Pengukuran temperatur dapat dilakukan baik secara kontak maupun non-kontak. Sebagian besar pengukuran dengan metode kontak dilakukan dengan menggunakan termometer dan termokopel. Sedangkan pengukuran non-kontak menggunakan sensor infra merah yang semakin banyak dikembangkan dan mulai banyak digunakan. Pengukuran non-kontak didasarkan pada teori Plank, bahwa semua benda yang bertemperatur di atas 0 °K memancarkan sinar infra merah<sup>[1,2]</sup>. Besarnya intensitas terutama bergantung pada

temperatur material. Namun demikian lingkungan sekitar, sifat-sifat permukaan bahan, jenis bahan dan lain-lain turut memberikan kontribusi pada intensitas pancaran infra merah. Parameter-parameter tersebut bersifat *noise*, sehingga harus turut diperhatikan pada waktu menganalisis pola distribusi temperatur. Karena *noise* tersebut sangat sulit untuk dikoreksi secara numerik, pola distribusi temperatur yang dihasilkan lebih bersifat kualitatif.

Dibanding model kontak, pengukuran non-kontak mempunyai keunggulan-keunggulan berupa tidak mengganggu pengoperasian, memonitor dari jarak jauh, akuisisi lebih cepat dan menghasilkan distribusi atau pola panas pada permukaan sebuah benda. Sekarang ini, telah tersedia kamera yang dapat merekam pancaran infra red dari suatu permukaan benda. Dengan demikian distribusi atau pola temperatur pada suatu permukaan benda dapat dimonitor. PTRKN telah memiliki kamera infra merah jenis ini yang memiliki resolusi 320x240 titik<sup>[3]</sup>.

Dalam makalah ini, topik yang dibahas adalah teknik *thermography*. Dengan teknik ini suatu pemantauan kondisi dilakukan melalui pengukuran panas dengan mengukur temperatur absolut ataupun relatif pada bagian tertentu dari sebuah peralatan. Temperatur abnormal yang sering disebut dengan istilah titik panas atau *hot spot* mengindikasikan adanya masalah yang sedang berkembang.

### **Inspeksi *Thermography* Pada Jaringan Listrik**

Mengingat listrik merupakan jenis energi yang sangat vital, maka kesinambungan ketersediaan listrik perlu dijaga setiap saat. Kegagalan suatu komponen akan dapat berakibat pada berhentinya pasokan listrik. Untuk menghindari hal tersebut, pengoperasian dan pemeliharaan sistem kelistrikan harus tepat.

Model *breakdown maintenance* merupakan pilihan yang harus dihindari. Kegagalan komponen listrik yang berakibat pada terhentinya suplai listrik dapat mengakibatkan kerugian berantai seperti terhentinya proses produksi. Pemeliharaan preventif memang dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan. Namun model pemeliharaan ini tidak dapat mendeteksi suatu kesalahan pada waktu desain, konstruksi maupun pengoperasian. Pemeliharaan preventif

juga relatif membutuhkan biaya besar. Disinyalir bahwa di Amerika Serikat, banyak pengeluaran-pengeluaran pemeliharaan yang sebenarnya tidak perlu dilakukan<sup>[4]</sup>. Para manager berusaha untuk menghemat biaya melalui efisiensi pemeliharaan. Karena berbagai alasan itulah, pemeliharaan prediktif melalui pemantauan kondisi pada jaringan listrik mulai banyak diterapkan. Berawal dari pembelajaran pengalaman operasional, ada kalanya hasil diagnosa pemeliharaan prediktif dapat pula menghasilkan suatu tindakan antisipatif dengan tujuan untuk menghindari permasalahan serupa. Kegiatan ini sudah termasuk pemeliharaan proaktif. Pemeliharaan prediktif yang diikuti dengan pemeliharaan proaktif ini dapat memperpanjang umur operasi suatu komponen listrik yang tentu saja dapat menambah nilai kompetitif.

Termografi berlandaskan pada perubahan temperatur. Hal ini mudah diaplikasikan pada jaringan listrik dengan membiarkan arus yang mengalir melalui suatu komponen. Dengan demikian, temperatur yang terukur bukan temperatur ambient, melainkan temperatur komponen yang sedang beroperasi. Semakin besar daya yang diterapkan, semakin besar arus yang mengalir dan semakin banyak panas *disipasi*. Namun, hubungan temperatur, tahanan dan beban listrik tidak linear.

Penembakan dengan kamera infra merah pada jaringan listrik yang sedang beroperasi menghasilkan sebuah pola temperatur pada permukaan sebuah benda. Peralatan yang mengalami penurunan unjuk kerja akan menghasilkan suatu fenomena anomali. Melalui interpretasi tertentu, sumber panas yang menghasilkan pola penyimpangan temperatur tersebut dapat ditelusuri. Dengan diketahuinya penyebab penyimpangan temperatur sedini mungkin, perbaikan ataupun perawatan suatu komponen listrik dapat dilakukan jauh sebelum komponen tersebut mengalami kegagalan. Dengan demikian kegagalan komponen atau bahkan kecelakaan yang mungkin timbul dapat dicegah.

*Thermography* infra merah telah banyak digunakan untuk menginspeksi komponen-komponen pada sistem jaringan listrik, seperti misalnya jalur distribusi, sekering, MCB, bus bar, kontaktor, panel distribusi, kabel listrik, papan *switching*, trafo, beban tidak merata, beban berlebih, dan sebagainya. Penerapan

teknik *thermography* tidak hanya terbatas pada tegangan tinggi, namun dapat pula diterapkan pada jaringan menengah dan rendah. Bahkan, *thermography* juga diterapkan untuk memeriksa komponen elektronik ataupun papan PCB.

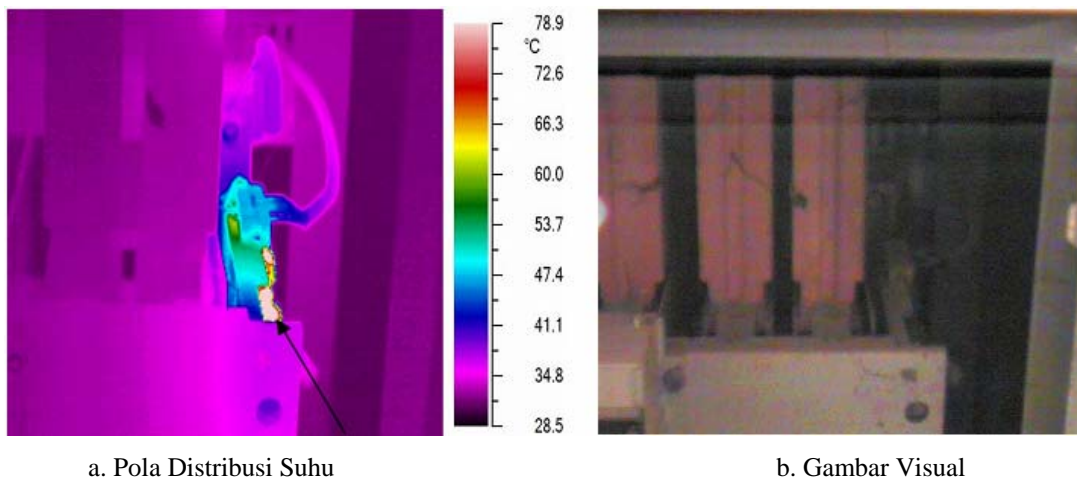
### Prosedur Aplikasi Teknik *Thermography*

Inspeksi *thermography* dilakukan dengan melakukan pemeriksaan distribusi temperatur pada kabel atau permukaan komponen-komponen listrik menggunakan kamera infra merah. Pola temperatur yang dihasilkan dievaluasi dengan teknik-teknik tertentu. Apabila terdapat pola temperatur yang dianggap tidak normal, maka penelusuran harus dilakukan untuk mencari penyebab ketidaknormalan tersebut. Keunggulan dari teknik *thermography* adalah dapat memberikan adanya ketidak-abnormalan suatu pola temperatur secara cepat. Hampir 75% kelainan yang dijumpai pada jaringan listrik adalah masalah koneksi.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

PTRKN memiliki kamera infra merah yang dapat merekam pola atau distribusi temperatur suatu permukaan. Dengan menggunakan kamera ini, inspeksi *thermography* telah dilakukan terhadap jaringan listrik. Berikut ini beberapa hasil inspeksi yang telah dilakukan dengan menggunakan kamera infra merah.

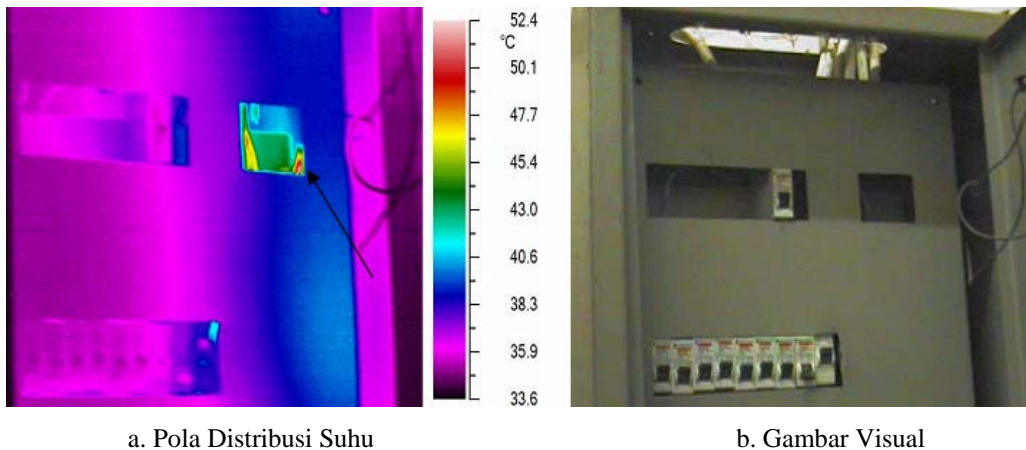
LVMDP adalah panel utama distribusi listrik di Gedung PTRKN. Mengingat usia jaringan listrik yang sudah begitu tua, dimungkinkan adanya cacat komponen akibat dari proses degradasi yang membuat jalur listrik menjadi terhambat. Jaringan listrik yang berasal dari trafo PLN didistribusikan ke semua gedung dan fasilitas laboratorium melalui panel utama ini. Inspeksi *thermography* dilakukan terhadap panel ini. Hasil *thermography* menunjukkan adanya titik panas yang mengindikasikan adanya ketidak beresan di sekitar titik tersebut (lihat anak panah pada Gambar 1).



Gambar 1. Panel LVMDP Gedung PTRKN

Evaluasi lebih lanjut menunjukkan bahwa di sekitar lokasi tersebut terdapat komponen yang disebut dengan koil (semacam relay berjenis kumparan). Apabila kumparan ini diaktifkan maka besi inti yang dililit kumparan tersebut berubah menjadi magnet dan menarik sebuah pelat logam. Diduga karena dimakan usia, besi inti dan pelat logam telah terdegradasi sehingga permukaannya tidak lagi sempurna. Akibatnya timbul tahanan listrik pada titik tersebut yang mengakibatkan *disipasi* panas berlebih.

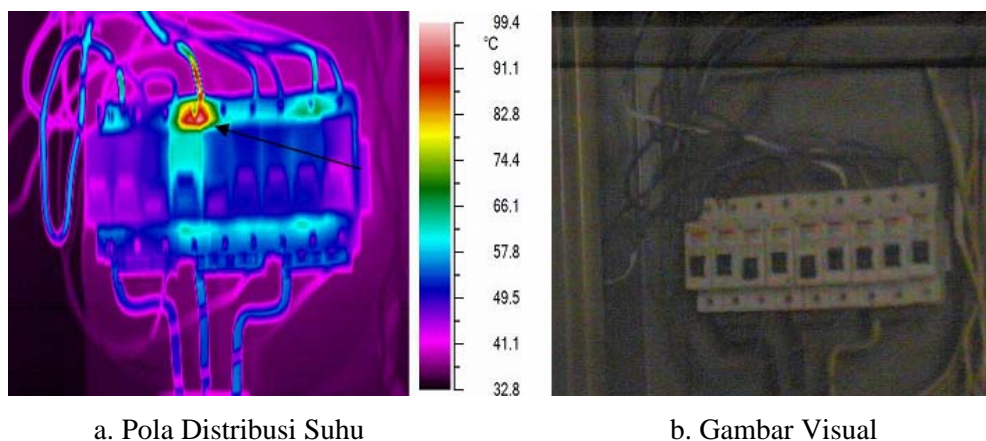
Inspeksi selanjutnya dilakukan pada kotak panel listrik Gedung PTRKN Lantai 3 (lihat Gambar 2). Meski sesungguhnya secara visual sama sekali tidak terlihat adanya komponen yang mencurigakan, tetapi diperoleh titik panas pada lubang panel sisi kanan atas. Evaluasi lebih lanjut menunjukkan bahwa ada sebuah kabel yang terlalu kecil diameternya sehingga menerima beban berlebih yang pada akhirnya menimbulkan panas. Hasil dari inspeksi termografi ini adalah rekomendasi perlunya dilakukan penggantian terhadap kabel tersebut.



Gambar 2. Kotak Panel Listrik Lantai 3 Gedung PTRKN

Pada kotak panel yang sama, terdapat serangkaian MCB yang berfungsi untuk mendistribusikan jaringan listrik (lihat Gambar 3). Terlihat dengan jelas adanya titik panas pada gambar infra merah. Hal ini menunjukkan

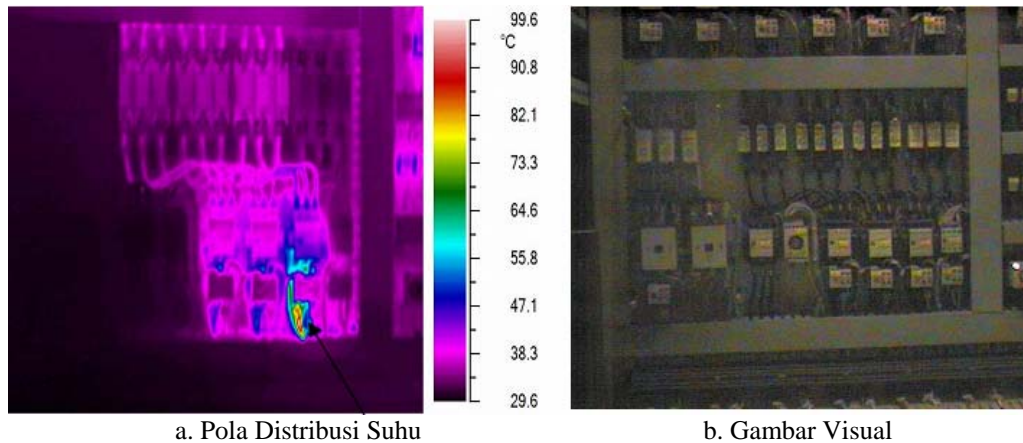
adanya kejanggalan pada MCB nomor 4 dari kiri. Evaluasi lebih lanjut menunjukkan bahwa baut pada titik tersebut agak longgar. Setelah dilakukan perbaikan dan pengencangan pada baut tersebut, titik panas tidak muncul lagi.



Gambar 3. MCB Pada Kotak Panel Listrik Lantai 3 Gedung PTRKN

Salah satu fasilitas eksperimen di PTRKN adalah Untai Uji Termohidrolisa Reaktor. Dalam instalasi tersebut terdapat menara pendingin yang terdiri dari 9 unit blower. Blower-blower ini dihubungkan ke jaringan listrik melalui panel konektor. Inspeksi

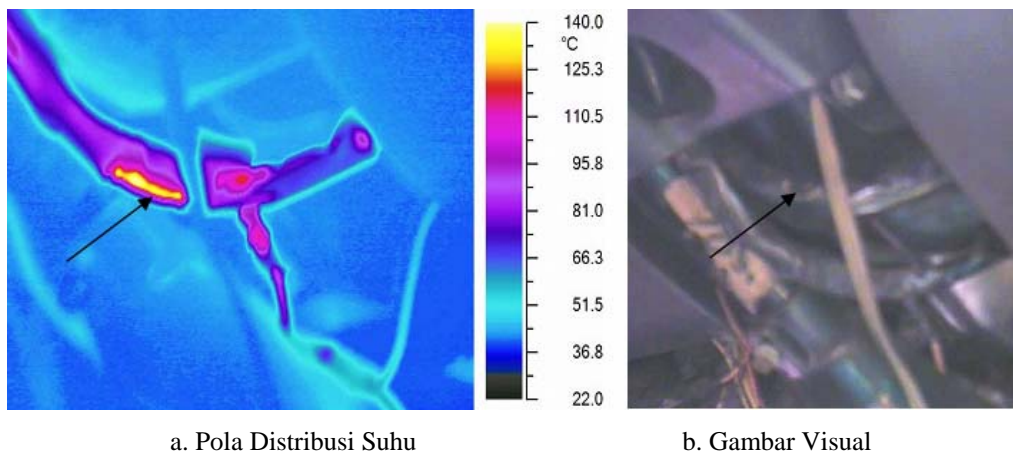
termografi pada panel listrik menunjukkan adanya titik panas yang mengindikasikan adanya kejanggalan atau anomali pada lokasi tersebut (lihat Gambar 4). Inspeksi ini menghasilkan rekomendasi perlunya dilakukan pemeriksaan panel tersebut sesegera mungkin.



Gambar 4. Panel Listrik Blower Pada Untai Uji Termohidroika Reaktor

Inspeksi termografi selanjutnya dilakukan pada sistem listrik sebuah mobil. Dari beberapa gambar yang diperoleh terdapat dua gambar yang menunjukkan adanya titik panas. Kabel pada Gambar 5 merupakan kabel yang menghubungkan kunci starter ke dinamo

mesin. Kabel tersebut terbungkus oleh isolator plastik berwarna hitam. Secara kasat mata memang tidak timbul adanya kejanggalan. Namun hasil *thermography* menunjukkan adanya titik panas.

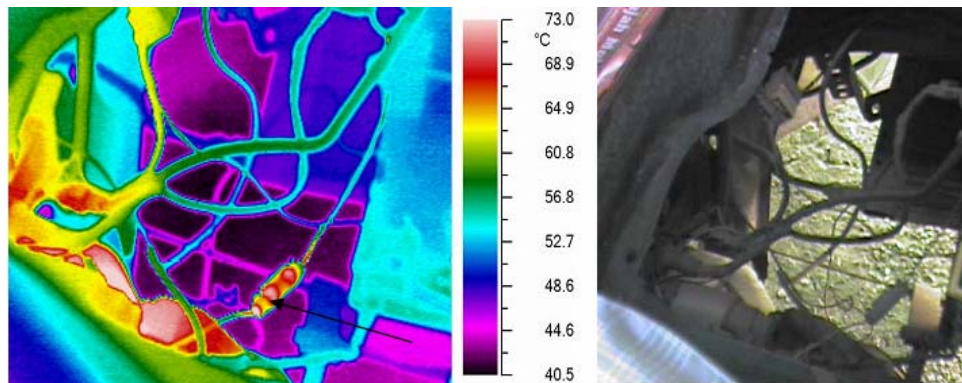


Gambar 5. Sistem Pengkabelan Pada Mobil

Dengan dugaan adanya kelainan tersebut, isolator pembungkus tersebut dibongkar dan ternyata pada lokasi tersebut terdapat titik sambungan kabel yang diuntai secara manual. Pada titik tersebut juga terlihat adanya serpihan korosi kabel, mengakibatkan penurunan sifat konduktor. Kontak listrik tidak lagi sempurna. Ketika dialiri listrik maka pada titik ini akan *mendisipasi* panas lebih. Setelah diperbaiki, praktis fenomena titik panas tidak muncul lagi. Dari pengamatan ini disadari bahwa koneksi untai kabel secara manual bukanlah merupakan prosedur yang tepat. Seharusnya

koneksi listrik dilakukan menggunakan terminal atau disolder dengan timah. Strategi pemeliharaan seperti ini sudah mengarah pada pemeliharaan secara proaktif.

Sedangkan Gambar 6 merupakan sistem pengkabelan di sekitar *accu*. Pada gambar tersebut terlihat adanya titik panas pada konektor listrik. Setelah diperiksa, ternyata konektor tersebut telah berkarat. Akibatnya timbul titik panas pada konektor tersebut. Perlu dicatat, dalam gambar ini terdapat banyak *noise* akibat adanya pantulan infra merah dari mesin yang bersuhu tinggi.



a. Pola Distribusi Suhu  
b. Gambar Visual  
Gambar 6. Sistem Pengkabelan Pada Accu Mobil

Dari ke-enam gambar di atas, terlihat bahwa pemantauan temperatur dengan teknik *thermography* dapat dengan cepat menghasilkan suatu rekomendasi. Tahap berikutnya dan masih dalam lingkup pemeliharaan prediktif adalah memperbaiki atau mengganti komponen-komponen yang diduga mengalami kerusakan. Ada kalanya penyebab kerusakan bukan hanya karena faktor umur, melainkan karena faktor lain misalnya kesalahan desain, kesalahan pemasangan ataupun kesalahan pengoperasian. Dalam kasus ini, kesalahan-kesalahan tersebut harus diperbaiki dan ini sudah merupakan bagian dari tindakan pemeliharaan proaktif yang dapat memperpanjang umur pengoperasian suatu peralatan.

Dari kasus-kasus di atas terlihat bahwa teknik *thermography* dapat mendeteksi anomali suatu proses secara dini. Dalam semua kondisi tersebut, sistem listrik dalam keadaan beroperasi dan peralatan praktis berfungsi normal. Hanya saja apabila dibiarkan, komponen-komponen yang mengalami titik panas mempunyai probabilitas tinggi untuk mengalami kegagalan. Semakin sering frekuensi inspeksi *thermography* dilakukan semakin dini kerusakan yang ada terdeteksi. Kamera infra merah mempunyai kemampuan mendeteksi perbedaan temperatur hingga  $0,1^{\circ}\text{C}$ , dengan demikian banyak fenomena anomali yang dapat terdeteksi.

Namun ada kalanya rekomendasi hasil inspeksi *thermography* tidak dapat langsung ditindaklanjuti mengingat berbagai kendala

baik teknis, administratif maupun ketiadaan biaya. Hanya saja temuan-temuan kegagalan ini harus selalu diamati secara cermat bila komponen yang diindikasikan bermasalah dipaksa beroperasi.

## KESIMPULAN

Mengingat listrik merupakan jenis energi yang sangat vital, maka kesinambungan ketersediaan listrik perlu dijaga setiap saat. Kegagalan suatu komponen akan dapat berakibat pada berhentinya pasokan listrik. Untuk menghindari hal tersebut, pengoperasian dan pemeliharaan sistem kelistrikan harus tepat. Model pemeliharaan prediktif dengan memantau suhu melalui inspeksi *thermography* merupakan model pemeliharaan yang tepat. Bahkan evaluasi lanjutan dari hasil *thermography* dapat mengarah pada pemeliharaan proaktif yang dapat memperpanjang umur operasi suatu peralatan. Dari pengalaman inspeksi, terbukti bahwa teknik *thermography* dapat mendeteksi anomali suatu komponen listrik secara dini. Apabila diikuti dengan perbaikan sesegera mungkin, maka kegagalan komponen dapat dicegah. Hal ini akan dapat menjaga kesinambungan ketersediaan listrik setiap saat.

## DAFTAR PUSTAKA

1. INSTITUTE OF INFRARED THERMOGRAPHY, 2006, "Infrared Thermography Certification Course Level 1", Semarang, September 3<sup>rd</sup>- 6<sup>th</sup>.

2. XAVIER P.V. MALDAGUE, PATRICK O. MOORE, 2001, "Nondestructive Testing Handbook Volume 3: Infrared and Thermal Testing", American Society for Nondestructive Testing, Third Edition, Columbus.
3. NEC SAN-EI INSTRUMENTS, "TH9100 manual operation", NEC
4. IAEA-TECDOC-1551, May 2007, "Implementation Strategies and Tools for Condition Based Maintenance at Nuclear Power Plants," International Atomic Energy Agency.

## TANYA JAWAB

### Pertanyaan

1. Siapakah yang mengistilahkan Break down maintenance ? karena yang tepat adalah Corrective maintenance. (Suyamto)
2. Berapakah harga thermography infrared camera? apakah sudah dipakai di PTRKN dan bisakah digunakan untuk manusia? (Suyamto)
3. Kritisnya hotspot seberapa levelnya? (Suyamto)
4. Untuk baut kendor  $R_{swich}$  sama dengan berapa nilainya? (Suyamto)
5. apakah efisien dengan apabila termografi ini bila di implementasikan di pabrik-pabrik besar, mengingat banyaknya alat yang harus diperiksa? (Aswin Anwir)
6. Apakah pemeriksaan prediktif ini dapat digunakan secara permanen? Karena kurang efisiennya pemantauan secara berkala oleh seorang petugas pemantau? (Galuhayu D)
7. Berapa jarak efektif dalam memantau suatu objek dan apakah perbesarannya(zoom) bisa membantu pemantauan infra merah. (Koes Indrakoesoema)

### Jawaban

1. Istilah ini bersumber dari banyak sumber ilmiah, misalnya bahan training thermography level 1.
2. harganya bervariasi mulai dari dua ratus juta hingga enam ratus juta rupiah. Alat tersebut milik BATAN

- dan sudah terbukti efisien dan juga bisa digunakan untuk memonitor manusia/mahluk hidup.
3. tergantung dari objek yang dipelihara, bisa 1 °C dan bisa pula lebih dari 50 °C.
  4. Ketika baut kendor maka tahanan (R) akan menjadi tinggi.
  5. Alat ini sangat efisien apabila diterapkan untuk pabrik-pabrik besar. Sekali 'shooting' hanya membutuhkan waktu pengoperasian beberapa detik.
  6. Bisa permanent, namun harganya menjadi sangat mahal sehingga tidak ekonomis.
  7. Apabila ingin memantau suhu permanent sebaiknya menggunakan peralatan yang lebih murah misalnya seperti thermocouple.
  8. Jarak efektif tergantung dari ukuran obyeknya. Kalau kecil, jarak ideal menjadi pendek dan akan semakin jauh bila obyeknya semakin besar. Perbesaran menggunakan zoom dapat membantu memecahkan ruang tembak yang sempit. Namun penggunaan zoom dapat mengacaukan analisis terutama apabila ada unsur dimensi geometri yang akan dievaluasi. Dalam inspeksi secara umum, disarankan tidak menggunakan zoom. Kamera yang kita miliki tidak dilengkapi dengan zoom.