

## PERAWATAN SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG RSG-GAS DENGAN MENGGUNAKAN METODA *NON DESTRUCTIVE TESTING* (NDT)

Teguh Sulisty, Kiswanto, Yuyut S., M. Taufik

### ABSTRAK

PERAWATAN SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG RSG-GAS DENGAN MENGGUNAKAN METODA *NON DESTRUCTIVE TESTING* (NDT). Telah dilakukan perawatan sistem kelistrikan gedung RSG-GAS menggunakan metoda *Non Destructive Testing* (NDT). Metoda ini dapat dimanfaatkan untuk kegiatan *preventive maintenance*, *predictive maintenance* dan *safety* pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS sehingga komponen-komponen elektrik yang telah mengalami proses penuaan dapat diketahui kerusakannya secara dini. Dari hasil pemeriksaan sistem kelistrikan gedung RSG-GAS menggunakan metoda *Non Destructive Testing* (NDT) ini, diperoleh beberapa komponen elektrik telah mengalami *over heating* misalnya *fuse*, penghantar, dan bagian terminal atau konektor. Kondisi *over heating* ini dikhawatirkan dapat menimbulkan efek degradasi atau penurunan kemampuan fungsi hingga terjadi kegagalan sebagian atau seluruh sistem yang terkait. Oleh karena itu prasyarat keselamatan reaktor riset untuk komponen-komponen elektrik yang terkait dengan keselamatan reaktor harus terpenuhi. Secara keseluruhan komponen-komponen elektrik yang terkait dengan keselamatan reaktor riset dapat dioperasikan dengan baik.

Kata kunci : sistem kelistrikan, *Non Destructive Testing* (NDT)

### ABSTRACT

*TREATMENT OF ELECTRICAL SYSTEM BUILDING OF RSG-GAS BY USING METHOD NON DESTRUCTIVE TESTING (NDT). Have been treatment of electrical system of building of RSG-GAS use method of is Non Destructive Testing (NDT). This Method can be exploited for the activity of maintenance preventive, maintenance predictive and of safety electrical system of building of RSG-GAS so that electrical components which have experienced of ageing process can know damage of early. From result of inspection of electrical system of building of RSG-GAS use method NDT, showing some electrical component have experienced of heating over for example fuse, conductor, and terminal shares or of connector. Condition of this heating over felt concerned about can generate effect of degradation of ability of function till happened failure some of or entire/all related/relevant system. Therefore prerequisite of margin safety of reactor research into for electrical components which related to safety of reactor have to always fulfilled and good classification. As a whole electrical components which related to safety of reactor research into can be operated better.*

Keyword : *electrical system, Non Destructive Testing (NDT)*

### PENDAHULUAN

Peralatan listrik bila dioperasikan pada kondisi yang telah disyaratkan dapat berfungsi dengan baik, namun sejalan dengan umur pakai peralatan listrik tersebut tidak menutup kemungkinan peralatan listrik akan mengalami degradasi atau penurunan kemampuan fungsi dan kegagalan sistem. Kegagalan peralatan listrik ini dapat menyebabkan rusaknya sebagian atau seluruh sistem yang terkait. Penyebab kemunduran kemampuan fungsi ini tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal tetapi juga oleh faktor eksternal misalnya lingkungan yang agresif, pengoperasian yang tidak sesuai dengan prosedur, faktor manusia dan lain sebagainya.

Selama kurun waktu lebih dari 14 tahun sejak bulan Juni 1993 hingga tahun 2007, komponen, sistem dan struktur (KSS) sistem kelistrikan gedung RSG-GAS belum pernah dilakukan kembali pengujian tak merusak dengan menggunakan teknologi *infrared thermograph type Thermo Tracer TH9100PM VI/PW VI*, sehingga saat ini dikhawatirkan terdapat beberapa penyimpangan kondisi dan kerusakan pada komponen-komponen sistem kelistrikan gedung RSG-GAS. Teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk kegiatan *preventive maintenance*, *predictive maintenance* dan *safety* pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS sehingga dapat diketahui kerusakannya secara dini..

Diharapkan hasil dari kegiatan pengujian tak merusak dengan menggunakan teknologi *infrared thermograph type Thermo Tracer TH9100PM VI/PW VI* ini, kinerja, efisiensi, keselamatan dan keandalan sistem kelistrikan gedung RSG-GAS dapat ditingkatkan.

## TEORI

### Penuaan komponen listrik

Udara, gas dan zat padat yang tergolong bahan isolasi digunakan untuk mengisolasi peralatan listrik tegangan tinggi. Isolator ini berfungsi memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan, sehingga antara penghantar-penghantar tersebut tidak terjadi lompatan listrik (*flashover*) atau percikan (*spark-over*), sehingga untuk tegangan yang semakin tinggi diperlukan bahan isolasi yang mempunyai kuat isolasi yang lebih tinggi.

Kegagalan isolasi (*isolation failure*) dapat disebabkan antara lain karena isolasi sudah lama dipakai (mendekati kelapukan), kerusakan karena faktor mekanis misalnya terbentur pada saat pemasangan, berkurangnya kekuatan dielektrik karena isolasinya dikenakan tegangan lebih tinggi dalam waktu yang lama, dan lain sebagainya. Apabila tegangan yang diterapkan mencapai tingkat ketinggian tertentu maka bahan isolasi tersebut akan mengalami pelepasan muatan (*partial discharge*) yang merupakan suatu bentuk kegagalan listrik yang menyebabkan hilangnya tegangan dan mengalirnya arus bocor dalam bahan isolasi tersebut.

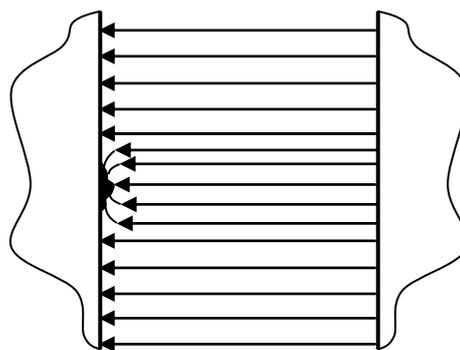
Kriteria keselamatan reaktor riset yang harus dipertimbangkan dari keterkaitannya dengan penuaan komponen listrik meliputi aspek keterkaitan antara penuaan dengan prasyarat keselamatan umum reaktor riset, antara penuaan dengan kondisi operasi selama pelayanan, antara penuaan dengan kondisi fisik atau mekanik, antara penuaan dengan kondisi non fisik dan aspek *trend* litbang penuaan saat ini dengan masa mendatang.

### Gejala degradasi komponen listrik

Gejala degradasi pada komponen listrik umumnya dikarenakan timbulnya arus bocor pada komponen listrik. Arus bocor ini disebabkan oleh efek kapasitansi dan tahanan isolasi. Kemampuan hantar arus (KHA) sebuah penghantar merupakan batas maksimal arus listrik yang diperbolehkan melewati suatu penghantar. Arus listrik yang mengalir melebihi batas KHA akan menyebabkan suhu penghantar melebihi panas maksimum yang diizinkan sehingga penghantar semakin panas. Jika hal ini dibiarkan terus dapat merusak isolasi penghantar karena bahan penghantar yang digunakan untuk kabel listrik adalah tembaga elektrolitis dengan kemurnian sekurang-kurangnya 99,9 %, dan aluminium dengan kemurnian sekurang-kurangnya 99,5 %, sedangkan bahan isolasi

yang digunakan adalah *Polivinilklorida (PVC)* yang akan mengalami kerusakan di atas suhu 70 °C dengan suhu kamar 30 °C.

Jika sebuah kontak pemutus dipisahkan, beda potensial di antara kontak akan menimbulkan medan elektrik seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Arus yang sebelumnya mengalir pada kontak akan memanaskan kontak dan menghasilkan proses emisi termis pada permukaan kontak, sedangkan medan elektrik menimbulkan emisi medan tinggi pada kontak Katoda. Kedua emisi ini menghasilkan elektron bebas yang sangat banyak dan bergerak menuju kontak Anoda.



Gambar 1. Pembentukan busur api listrik

### Metoda non destructive testing non-contact infrared (NDT NC-IR)

Teknologi *infrared camera* merupakan salah satu peralatan teknologi *non destructive testing non-contact* yang dapat digunakan untuk kegiatan *preventive maintenance, predictive maintenance, quality control, safety control, testing & commissioning* atau *NDT of materials evaluation* dan memungkinkan pengukuran temperatur dari jarak tertentu tanpa menyentuh obyek yang diukur secara *scanning* serta mendeteksi perubahan temperatur hingga 0,1 °C, sehingga mampu mengkondisikan material komponen yang mengalami perubahan. Dengan demikian metoda ini sangat efisien dan efektif untuk kegiatan inspeksi pada komponen, peralatan maupun instalasi listrik yang sedang beroperasi pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS, sehingga dapat diketahui kerusakannya secara dini. Prinsip kerja teknologi ini adalah dengan mengukur pancaran energi panas suatu bahan atau komponen kemudian mengkonversikannya menjadi suatu peta temperatur bahan atau komponen tersebut. Dengan mengetahui perbedaan peta temperatur dari bahan atau komponen yang diuji secara dini, akurat dan cepat maka dapat diketahui kondisi penyimpangan yang terjadi pada KSS panel busbar utama I (BHA/BHB/BHC) sistem kelistrikan gedung RSG-GAS.

**Pengukuran Dengan Metoda Non Destructive Testing Non-Contact**

Semua materi/benda yang mempunyai suhu di atas nol absolute (0 °K atau -273 °C) memancarkan sinar radiasi dalam rentang panjang gelombang sinar infra merah, sehingga metoda *infrared thermography* dengan kemampuannya untuk mendeteksi perubahan temperatur hingga 0,1 °C akan lebih efisien dan efektif dalam mendeteksi dan melokalisasi daerah anomali dengan cara melihat langsung peta temperatur (*temperature image*) yang diperoleh.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan pengukuran dengan menggunakan metoda *infrared thermography* antara lain:<sup>[2]</sup>

1. Obyek permukaan sebagai target
2. Media transmisi antara obyek target dengan instrumen
3. Instrumen

**Obyek permukaan sebagai target**

Obyek permukaan sebagai target kondisinya harus langsung terlihat antara kamera dan objek tidak terhalang oleh benda lain (meskipun tembus cahaya) secara visual dan mempunyai pancaran radiasi pada *range* 0,75 μ sampai dengan 100 μ. Hal ini sesuai dengan spektrum pancaran radiasi *infrared*, tetapi dalam pelaksanaannya obyek atau target yang sering ditemukan berada pada *range* 0,75 μ sampai dengan 20 μ. Permukaan obyek yang dapat diperiksa dengan menggunakan metoda *infrared* ini dapat berbentuk *single layer* atau *multi layer*, namun pada prinsipnya permukaan yang diperiksa tetap secara langsung terlihat, hanya dalam pengolahan data pada mekanisme perpindahan panas menggunakan pendekatan kondisi *multi layer*. Dalam pengolahan datanya, metoda yang digunakan dapat berbentuk *single layer* maupun *multi layer*, sebagai berikut:<sup>[2]</sup>

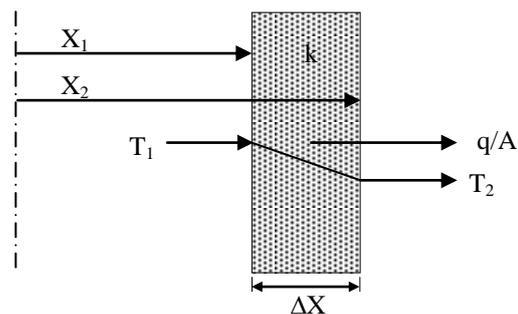
1. Kondisi *single layer*

Berdasarkan pendekatan hukum Fourier's,<sup>[2]</sup> jumlah panas yang dirambatkan melalui dinding permukaan material pada kondisi *single layer* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \frac{q}{A} &= -k \left\{ \left( \frac{dt}{dx} \right) \right\} \\ &= k \left\{ \left( \frac{(T_1 - T_2)}{(X_2 - X_1)} \right) \right\} \dots\dots\dots (1) \\ &= k \left\{ \left( \frac{(T_1 - T_2)}{(\Delta X)} \right) \right\} \end{aligned}$$

dengan:

- q/A = aliran panas per area ( )
- T<sub>1</sub> = temperatur dalam (°C)
- T<sub>2</sub> = temperatur luar (°C)
- ΔX = tebal dinding (mm)
- k = konduktivitas termal (kkal)



Gambar 2. Prinsip *single layer*<sup>[2]</sup>

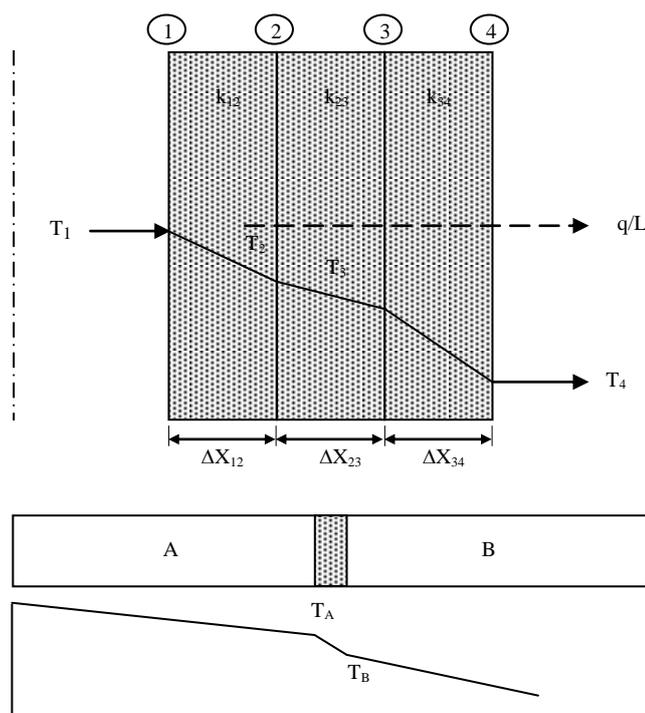
2. Kondisi *multi layer*

Jumlah panas yang dirambatkan melalui dinding permukaan material pada kondisi *multi layer*, berdasarkan pendekatan hukum Fourier's, <sup>[2]</sup> dihitung dengan persamaan:

$$\frac{q}{A} = \frac{(T_1 - T_2) + (T_3 - T_4)}{\left\{ \left( \frac{\Delta X_{12}}{k_{12}} \right) + \left( \frac{\Delta X_{23}}{k_{23}} \right) + \left( \frac{\Delta X_{34}}{k_{34}} \right) \right\}} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

- q/A = aliran panas per area (kkal/m<sup>3</sup>)
- T<sub>1</sub> = temperatur dalam (°C)
- T<sub>2</sub> = temperatur luar pada lapisan pertama (°C)
- T<sub>3</sub> = temperatur luar pada lapisan ke dua (°C)
- T<sub>4</sub> = temperatur luar (°C)
- ΔX<sub>12</sub> = ketebalan dinding material (mm)
- ΔX<sub>23</sub> = ketebalan dinding isolasi bagian dalam (mm)
- ΔX<sub>34</sub> = ketebalan dinding isolasi bagian luar (mm)
- k<sub>12</sub> = konduktivitas panas untuk X<sub>12</sub> (kkal)
- k<sub>23</sub> = konduktivitas panas untuk X<sub>23</sub> (kkal)
- k<sub>34</sub> = konduktivitas panas untuk X<sub>34</sub> (kkal)



Gambar 3. Prinsip multi layer<sup>[2]</sup>

**Media transmisi antara obyek target dengan instrumen**

Media transmisi antara obyek yang akan diperiksa dengan instrumen yang digunakan adalah bukan media yang *vacuum* atau *loss energy*, jadi merupakan media normal bisa dingin ataupun panas, namun ada beberapa hal yang harus diperhatikan pada media transmisi tersebut, yaitu perihal kondisi waktu. Sebagai contoh pengambilan gambar temperatur pada tengah hari dengan kondisi pancaran matahari cukup kuat adalah tidak baik, hal ini akibat refleksi pancaran sinar matahari cukup tinggi sehingga memberikan gambar temperatur yang lain. Oleh karena itu, pemeriksaan pada malam hari merupakan waktu pelaksanaan yang paling tepat.

Pelaksanaan pemeriksaan dengan metoda *infrared* untuk siang hari (pagi atau sore) dan malam hari juga perlu memperhatikan kondisi kecepatan angin, dimana kecepatan angin akan memberikan perubahan pancaran radiasi dari permukaan obyek, sehingga sangat mempengaruhi hasil evaluasi terutama jika berhadapan dengan obyek elektrikal. Menurut Herbert Kaplan,<sup>[2]</sup> untuk lingkungan di luar ruangan, kecepatan angin sangat mempengaruhi kondisi obyek yang diperiksa (kecepatan angin  $\geq 9$  m/s atau setara dengan 18 knot) penggunaan metoda *infrared* sudah tidak layak digunakan, dengan demikian temperatur sebenarnya ( $T_S$ ) dapat dihitung dengan persamaan:<sup>[2]</sup>

$$T_S = T_R \times FK \dots\dots\dots(3)$$

dengan:

- $T_S$  = temperatur sebenarnya ( $^{\circ}C$ )
- $FK$  = faktor kecepatan angin (m/s)
- $T_R$  = temperatur yang dibangkitkan ( $^{\circ}C$ )

Tabel 1. Faktor Koreksi terhadap kecepatan angin<sup>[2]</sup>

Kecepatan Angin (m/s)	Faktor Koreksi
< 1	1.00
2	1.36
3	1.64
4	1.86
5	2.06
6	2.23
7	2.40
8	2.54
$\geq 9$	Tidak direkomendasikan

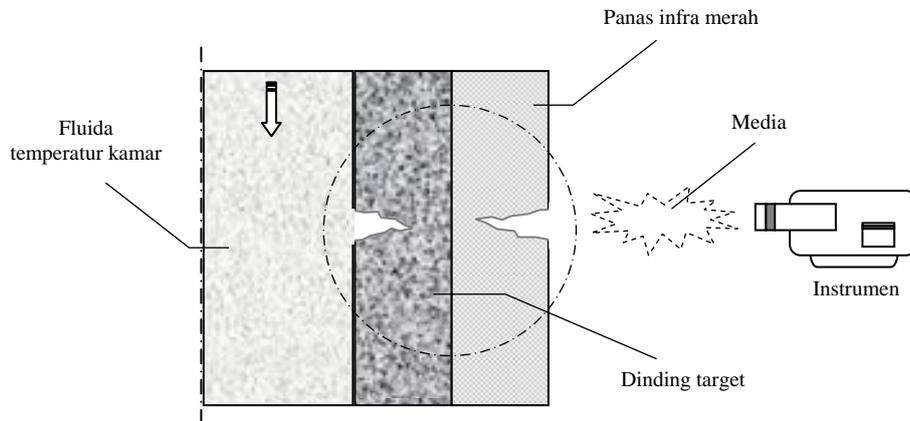
**TATA KERJA**

Sebelum melakukan kegiatan diagnosis kondisi panel busbar utama I (BHA/BHB/BHC), dilakukan pemasangan komponen-komponen *NDT non-contact IR* yang terdiri atas lensa, filter, *viewfinder*, *memory card*, baterai, dan lain sebagainya.

Setelah dilakukan pemasangan dan *setting variable-variabel* tersebut, langkah selanjutnya adalah identifikasi permukaan obyek dan melakukan *scan* permukaan obyek dengan kamera *infrared*. Pada saat melaksanakan *scan*, perhatikan fokus

kamera, intensitas matahari (jika dilakukan pada siang hari). Permukaan obyek yang mengalami anomali diberi identifikasi dan dicatat sebagai data *thermal image* dan *visual image*. Data-data yang

telah diperoleh selanjutnya dianalisa dan dievaluasi dengan menggunakan program *thermogram*. Ilustrasi pemeriksaan dengan metoda *infrared thermography* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi pemeriksaan dengan *infrared thermography*

Jadi prinsip kerja *infrared camera type thermo tracer TH9100PM VI/PW VI* pada hakekatnya adalah mendeteksi dan mengukur gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh material dan di-scan oleh sensor infra merah melalui lensa dan filter khusus yang dideteksi menjadi *thermal image* (peta temperatur gradien) yang kemudian dapat dilihat pada monitor atau *viewfinder* dan langsung direkam sekaligus diukur temperaturnya.

## HASIL

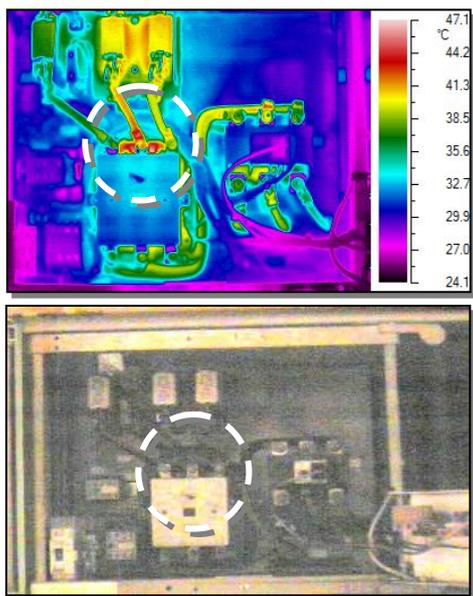
Salah satu pendekatan metoda perawatan yang dapat diterapkan yaitu dengan menentukan KSS reaktor yang fungsi keselamatannya tetap berjalan selama operasi dengan berbagai kondisi. Pendekatan ini dapat dicapai dengan pemeriksaan dan pengamatan yang teliti terhadap KSS yang telah ditetapkan melalui program manajemen penuaan. Selanjutnya dari hasil pengamatan tersebut ditetapkan langkah-langkah pencegahan dan atau mitigasi pengaruh penuaan hingga pada tingkat keselamatan tertentu yang dapat ditolerir.

Efek yang timbul dari proses penuaan umumnya berupa kondisi yang tidak diinginkan hingga kegagalan fungsi. Proses penuaan dan kondisi lingkungan serta operasional yang agresif, saling bersinergi menghasilkan suatu kegagalan fungsi. Kondisi lingkungan yang perlu dipertimbangkan yaitu kondisi operasi normal, operasi tak normal yang dapat diantisipasi dan kondisi lingkungan alam.

Dari sisi aspek penuaan dan kondisi fisik serta mekanik meliputi faktor-faktor yaitu paparan radiasi, temperatur, tekanan, vibrasi dan sikling (perulangan), korosi, reaksi kimiawi dan erosi. Sedangkan beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam aspek keterkaitan antara penuaan dengan kondisi non fisik yaitu perubahan teknologi akibat adanya modifikasi KSS, perubahan prasyarat keselamatan, perubahan yang menyebabkan dokumen menjadi ketinggalan jaman, desain yang tidak memadai dan salah perlakuan dalam perawatan dan pengujian KSS. Selain itu, *trend* litbang tentang penuaan juga harus dipertimbangkan sebagai umpan balik bagi program manajemen penuaan yang sedang berjalan. Dari *trend* litbang penuaan ini akan diperoleh informasi-informasi spesifik untuk reaktor riset.

Hasil pemeriksaan dengan menggunakan *infrared camera* ini berupa gradien *thermal image*, dan prediksi terjadinya kegagalan material akibat panas berlebih (*overheating*) pada lokasi materi yang diukur. Salah satu hasil pemeriksaan KSS sistem kelistrikan pada panel Busbar Utama I BHA/BHB/BHC sistem kelistrikan gedung RSG-GAS ditunjukkan pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 7.

Pada Gambar 5, ditunjukkan *overheating* pada konektor *fuse* dan MCB yang besarnya antara 45 °C sampai dengan 50 °C, sehingga bagian tersebut perlu dilakukan pengecekan, pengencangan atau penggantian terhadap konektor kabelnya.

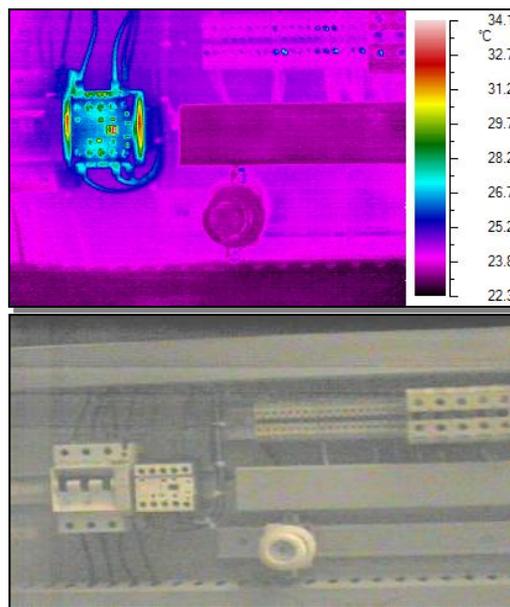


Gambar 5 Hasil pemeriksaan konektor kabel Panel Busbar Utama BHA

Tabel 2. Data hasil pemeriksaan konektor kabel Panel Busbar Utama BHA

Object	: Panel Busbar Utama I BHA
Lokasi	: Ruang 501
Section	: -
Material	: Tembaga
Background Temp.	: 25 °C
Reference Temp.	: 39,7 °C
Humidity	: 80 % RH
Wind Velocity	: 0 ... 3 m/s
Distance	: 1,0 ... m
Emisivity	: 0,90
IR Image	: Camera Thermo Tracer TH9100PMVI/PWVI
Date	: 5 Maret 2007
Scanning IR Result	: Terdapat over heating pada bagian konektor
Advice	: Cek sambungan konektor, perlu segera perbaikan

Sedangkan pada Gambar 6, komponen sistem kontrol tidak terdapat *overheating* berlebih pada CB walaupun suhu yang terukur besarnya antara 32 °C sampai dengan 40 °C, sehingga bagian tersebut dapat dikatakan dalam kondisi normal namun demikian perlu dilakukan pengecekan, pengencangan atau penggantian terhadap konektor kabelnya.

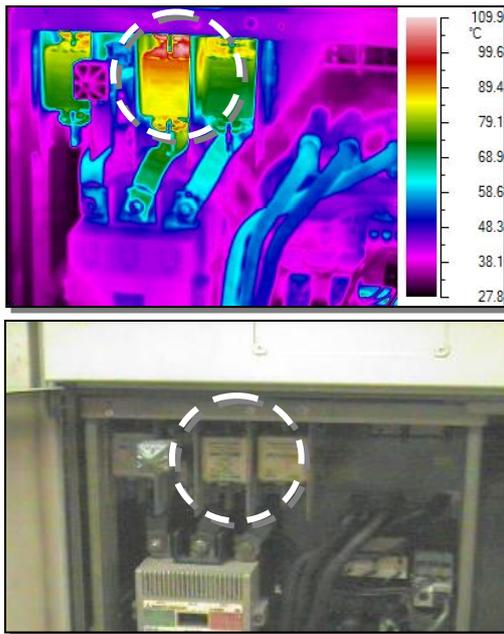


Gambar 6. Hasil pemeriksaan komponen sistem kontrol Busbar Utama I BHA

Tabel 3 Data hasil pemeriksaan komponen sistem kontrol Busbar Utama I BHA

Object	: Sistem Kontrol
Lokasi	: Ruang 501
Section	: -
Material	: Tembaga
Background Temp.	: 25 °C
Reference Temp.	: 39,7 °C
Humidity	: 80 % RH
Wind Velocity	: 0 ... 3 m/s
Distance	: 1,0 ... m
Emisivity	: 0,90
IR Image	: Camera Thermo Tracer TH9100PMVI/PWVI
Date	: 5 Maret 2007
Scanning IR Result	: Tidak terdapat over heating
Advice	: -

Pada Gambar 7 terdapat *overheating* pada *fuse* bagian tengah yang besarnya 100 °C, sehingga bagian tersebut perlu segera dilakukan pengecekan dan pengencangan pada bagian konektornya atau penggantian *fuse*. *Fuse* pada panel BHB ini harus mendapat perhatian karena jika panasnya terus berlanjut dapat merusak bagian-bagian *fuse* dan panel tersebut



Gambar 7. Hasil pemeriksaan komponen fuse panel Busbar Utama BHB

Tabel 4. Data hasil pemeriksaan komponen fuse panel Busbar Utama BHB

Objek	:	Fuse panel BHB
Lokasi	:	Ruang 501
Section	:	-
Material	:	-
Background Temp.	:	25 °C
Reference Temp.	:	39,7 °C
Hummidity	:	80 % RH
Wind Velocity	:	0 ... 3 m/s
Distance	:	1,0 ... m
Emisivity	:	0,90
IR Image	:	Camera Thermo Tracer TH9100PMVI/PWVI
Date	:	5 Maret 2007
Scanning IR Result	:	Terdapat over heating pada fuse bagian tengah
Advice	:	Cek sambungan konektor, fuse, perlu segera perbaikan

#### Faktor pemicu

Faktor pemicu *overheating* pada beberapa komponen listrik disebabkan karena faktor penuaan dan kondisi lingkungan. Proses penuaan dan kondisi lingkungan serta operasional yang agresif dapat menimbulkan kegagalan fungsi komponen tersebut sehingga kondisi lingkungan perlu diperhatikan seperti kondisi komponen operasi normal, operasi tak normal dan kondisi lingkungan alam, sedangkan dari sisi aspek penuaan komponen listrik dan kondisi fisik serta

mekanik meliputi faktor-faktor yaitu paparan radiasi, temperatur, tekanan, vibrasi dan sikling (perulangan), korosi, reaksi kimiawi dan erosi. Selain itu terdapat pula beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam aspek keterkaitan antara penuaan dengan kondisi non fisik yaitu perubahan teknologi akibat adanya modifikasi KSS, perubahan prasyarat keselamatan, perubahan yang menyebabkan dokumen menjadi ketinggalan jaman, desain yang tidak memadai dan salah perlakuan dalam perawatan dan pengujian KSS. *Trend* litbang tentang penuaan juga harus dipertimbangkan sebagai umpan balik bagi program manajemen penuaan yang sedang berjalan karena dari *trend* litbang penuaan ini diperoleh informasi-informasi spesifik untuk penuaan komponen listrik reaktor riset.

#### KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari makalah ini yaitu perawatan sistem kelistrikan gedung RSG-GAS menggunakan metoda *Non Destructive Testing* (NDT) dapat dimanfaatkan untuk kegiatan *preventive maintenance*, *predictive maintenance* dan *safety* sehingga komponen-komponen elektrik yang telah mengalami proses penuaan dapat diketahui kerusakannya secara dini.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Interatom, GmbH, *Electrical Safety Analysis Report* of MPR-30
2. TO'AT NUR SALAM, *Infrared Thermography Non Destructive Testing Non Contact*, Diklat NDT Batan Jakarta, Juli 2004
3. ARNOLD, In: *Nondestructive Inspection and Quality Control*, edited by Howard E.Boyer, (1976) 105-156
4. Anonimus: Safety Analyze Report (SAR) MPR-30, Rev. 7.
5. Anonym, "Multipurpose Research Reactor GA Siwabessy, Safety Analysis Report" , Rev. 8, BATAN, 1999.
6. Anonym, "Multipurpose Research Reactor GA Siwabessy, System Description of Reactor Protection System" , Interatom GmbH,1986.
7. M. DHANDANG P., dkk, *Dokumen Manajemen Penuaan RSG-GAS*, P2TRR Batan, 2003
8. R. HIMAWAN, *Diagnosis Penuaan Komponen PLTN*, SIGMA EPSILON Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir, Vol. 8 No. 3 Agustus 2004
9. M. DHANDANG P, *Pendekatan Untuk Manajemen Penuaan RSG-GAS*, SIGMA EPSILON Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir, Vol. 8 No. 3 Agustus 2004

