

## EVALUASI UNJUK KERJA PERALATAN DISTRIBUSI LISTRIK TEGANGAN RENDAH FASILITAS RADIOMETALURGI

Asep Fathudin, Suhardi  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

### ABSTRAK

Jaringan distribusi listrik yang baik adalah jaringan yang memiliki perlengkapan dan peralatan yang handal. Proses penuaan pada peralatan listrik dapat menyebabkan kerusakan, mengurangi sifat konduktor listrik, dan meningkatnya tahanan listrik, sehingga mengakibatkan arus yang mengalir menjadi terhambat dan efek *Joule* yaitu menghasilkan panas. Efek penuaan pada peralatan distribusi listrik di fasilitas Radiometalurgi diindikasikan dengan sering terjadinya kegagalan operasi jika terjadi gangguan listrik dari PLN dan berdasarkan pengamatan secara visual peralatan tersebut banyak yang harus diganti. Untuk mengetahui kondisinya, maka dilakukan evaluasi unjuk kerja dari peralatan tersebut dengan tujuan mengetahui kondisi peralatan dan menentukan pekerjaan apa yang harus dilakukan supaya peralatan tersebut dapat berfungsi dan handal. Untuk mencapai tujuan tersebut maka dengan cara studi literatur, identifikasi, pengujian dan pengukuran temperatur kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar operasi. Berdasarkan hasil evaluasi diperoleh informasi sebagai berikut: 4 buah MCCB dan 2 buah *motorize* yang harus dilakukan perbaikan yaitu pada panel kompresor udara tekan dan panel sistem *interlok*. Pengukuran temperatur menggunakan *Thermometer Infrared* diperoleh data peningkatan temperatur terhadap beberapa peralatan distribusi listrik, diantaranya MCCB LVSDB MES terukur 78,9°C dan MCCB PCHN MES terukur 54,7°C. Jika dibandingkan dengan *thermometer infrared*, pengukuran menggunakan *thermografi infrared* lebih banyak memberikan informasi data yang bisa dikembangkan, diantaranya: tampilan gambar dan perhitungan peningkatan temperatur terhadap perubahan resistansi dan rugi daya listrik dalam bentuk panas. Efek panas berlebihan menyebabkan umur operasi peralatan menjadi pendek. Hasil evaluasi unjuk kerja peralatan merupakan informasi yang dapat digunakan untuk menentukan langkah-langkah tindakan perbaikan terhadap peralatan, sehingga kegagalan komponen dapat dicegah dan dapat memperpanjang umur operasi peralatan.

**Kata kunci:** Evaluasi, kegagalan, panas, umur operasi.

### PENDAHULUAN

Peralatan distribusi listrik tegangan rendah fasilitas Radiometalurgi adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari panel listrik yang berlokasi di gedung 21. Berawal dari sisi tegangan menengah 20 KV kemudian melalui sisi sekunder transformator daya tegangan rendah yaitu transformator TR 301 dan TR 302. Bagian dari sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik dari panel tegangan rendah sampai ke peralatan adalah peralatan dan jaringan distribusinya. Peralatan jaringan distribusi di antaranya MCB, MCCB, ACB dan peralatan kontrol. Sistem distribusi yang baik adalah sistem distribusi jaringan yang memiliki peralatan yang lengkap dan baik sehingga mendukung terhadap kelancaran operasi alat maupun aktivitas pekerja dan mampu memproteksi terhadap segala kemungkinan yang menyebabkan gangguan jaringan distribusi.

Seiring dengan perjalanan waktu, penuaan material pada peralatan panel listrik di fasilitas Radiometalurgi tidak dapat dihindari. Di antara proses penuaan pada peralatan

listrik yaitu cacat pada sistem kontaknya yang mengakibatkan berkurangnya sifat konduktor listrik, dan meningkatnya sifat tahanan listrik, sehingga arus yang mengalir menjadi terhambat. Terhambatnya arus listrik mengakibatkan efek *Joule* meningkat yaitu menghasilkan panas. Efek panas yang berlebihan dapat menyebabkan umur operasi peralatan menjadi lebih pendek.

Latar belakang dilakukan kegiatan evaluasi unjuk kerja pada peralatan distribusi listrik yaitu untuk mengetahui efek panas dan penyebab kegagalan operasi yang sering terjadi bila ada gangguan listrik dari PLN (Perusahaan Umum Listrik Negara).

Metode yang dilakukan yaitu dengan cara identifikasi dan pengukuran temperatur peralatan. Pengukuran temperatur dilakukan secara kontak maupun non-kontak. Pengukuran metode kontak dapat dilakukan dengan menggunakan termometer dan termokopel. Sedangkan pengukuran non-kontak dapat menggunakan sensor inframerah diantaranya: *Thermometer infrared* dan *Thermography Infrared*. Pengukuran menggunakan *thermometer* inframerah hanya dapat diketahui besaran temperatur saja. Sedangkan dengan *Thermography Infrared* dapat memperoleh informasi data lebih banyak, dan menghasilkan gambar distribusi panas pada objek yang diukur dengan bantuan perangkat *software*. Data pengukuran tersebut menjadi dasar perhitungan besarnya hambatan atau resistansi yang menyebabkan rugi daya sehingga alat menjadi panas.

Dengan melakukan evaluasi unjuk kerja pada peralatan distribusi listrik tegangan rendah diharapkan dapat diketahui kondisi peralatan sehingga dapat menentukan langkah pekerjaan apa yang harus dilakukan supaya peralatan tersebut dapat berfungsi kembali dengan handal.

## **LANDASAN TEORI**

Komponen panel listrik yang berlokasi di fasilitas Radiometalurgi secara umum dapat dibagi 2 yaitu komponen utama dan kontrol.

### **1. Komponen Utama Pada Panel listrik**

Komponen utama panel listrik di fasilitas Radiometalurgi secara umum merupakan alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat penghubung. Komponen atau peralatan tersebut di antaranya sebagai berikut: *Mini Circuit Breaker* (MCB), *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB) dan *Air Circuit Breaker* (ACB). Alat-alat tersebut dalam bentuk gambar ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambar MCB,MCCB dan ACB

Pada MCCB dan ACB biasanya dilengkapi dengan *Motorize*. *Motorize* adalah suatu *mechanical* motor penggerak yang berfungsi untuk mengendalikan posisi pada suatu alat pengaman seperti MCCB dan ACB ke posisi ON - TRIP - OFF ataupun posisi 1- 0 - 2 pada saklar pemindah. Prinsip kerjanya bekerja pada saat di beri tegangan dan sifatnya hanya sesaat.

Tipikal *motorize* banyak juga digunakan pada peralatan pemindah saklar otomatis atau *interlock* sistem koneksi jaringan yang berbeda catu dayanya, seperti catu daya normal dan *emergency*.

**2. Komponen Kontrol**

Komponen kontrol mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian listrik terutama untuk perangkat yang memerlukan arus besar tanpa terhubung langsung. Contoh komponen kontrol yaitu Relay dan Saklar Magnet merupakan suatu piranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontak-kontak yang tersusun atau sebuah saklar elektronik yang dapat dikendalikan dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Gambar Saklar Magnet dan Relay ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gambar saklar magnet dan relay

**Penggunaan *Thermometer Infrared* dan *Thermography Infrared***

Peningkatan temperatur yang tidak biasanya disebabkan konektor atau hubungan komponen listrik yang longgar atau proses penuaan material. Biasanya dicirikan dengan cacat atau rusak pada sistem kontak-kontaknya dan pada konektor sekring. Hal tersebut

dapat terjadi karena oksidasi atau kotoran berkerak. Cacat dapat mengakibatkan berkurangnya sifat konduktor listrik, dan meningkatnya tahanan listrik, sehingga arus yang mengalir menjadi terhambat. Terhambatnya arus listrik mengakibatkan efek *Joule* meningkat yaitu menghasilkan panas. Efek panas berlebihan menyebabkan umur pengoperasian peralatan menjadi pendek.

Sebagai upaya untuk mengetahui dan mengatasi hal tersebut di atas maka dilakukan pengukuran temperatur dengan menggunakan *thermometer Infrared* dan *Thermography Infrared (Thermal Imager)*. Pengukuran temperatur dilakukan secara non-kontak yaitu dengan prinsip sensor infra merah. Pengukuran menggunakan *thermometer infrared* hanya dapat diketahui besaran tempertur saja sedangkan dengan menggunakan *Thermography Infrared* informasi data yang didapat lebih banyak, Seperti gambar luasan distribusi panas pada objek yang diukur, tampilan grafik dengan bantuan perangkat *software*. Gambar *Thermography Infrared* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Thermography Infrared*

Setelah dilakukan pengukuran temperatur pada peralatan distribusi listrik, maka untuk mengetahui adanya peningkatan temperatur dengan cara membandingkan data hasil pengukuran tersebut pada Tabel 1. Tabel prioritas perbaikan listrik di bawah.

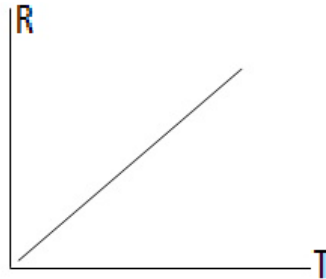
Tabel 1. Tabel Prioritas perbaikan peralatan listrik

<b>Classification Of Rise in Temperature From Permitted Maximum Temperature</b>	<b>Comment</b>	<b>Action</b>	<b>Priority</b>
> 70 °C	Repair Immediately	< 3 Day	1
40 °C ~ 70 °C	Repair Immediately	< 1 Moon	2
25 °C ~ 40 °C	Repair as Soon as Possible	< 3 Moon	3
10°C ~ 25 °C	Repair During Next Maint. Period	6-12 Moon	4
< 10°C	Good Condition And Monitor During Next Maint. Period	6-12 Moon	5

Dengan tabel di atas maka menentukan penjadwalan perawatan dan prioritas perbaikan berdasarkan masing – masing masalah.

**Pengaruh Temperatur Terhadap Hambatan Listrik**

Salah satu faktor luar/eksternal yang sangat berpengaruh terhadap hambatan penghantar adalah temperatur. Semakin tinggi temperatur suatu penghantar maka hambatan pada penghantar tersebut semakin besar. Hubungan antara temperatur dengan tahanan ditunjukkan pada grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan R dengan T

Temperatur yang tinggi memicu getaran-getaran elektron bebas dalam penghantar. Getaran elektron-elektron bebas inilah yang akan menghambat jalannya muatan listrik (arus listrik) dalam penghantar tersebut.

Pengaruh perubahan hambatan terhadap peningkatan temperatur pada penghantar listrik dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 di bawah.

$$\Delta R = R_0 ( 1 + \alpha \cdot \Delta T ) \dots\dots\dots ( 1 )$$

Dimana:

$\Delta R$  = Perubahan hambatan terhadap T

$R_0$  = Hambatan awal

$\alpha$  = Koefesien temperatur

$\Delta T$  = Perubahan temperatur

Koefesien temperatur ( $\alpha$ ) logam ditunjukkan pada Tabel 2, di bawah.

Tabel 2. Tabel koefesien temperatur logam

Bahan	1/K
Tembaga	0,0039
Alumunium	0,004
Kuningan	0,0015

Untuk menghitung pengaruh perubahan hambatan terhadap peningkatan temperatur terlebih dahulu dilakukan perhitungan hambatan awal. Untuk menghitung hambatan awal dapat menggunakan Persamaan 2 di bawah:

$$R_0 = \frac{\rho \times l}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

$R_0$  = Hambatan

$\rho$  = Hambatan jenis

$l$  = Panjang penghantar

$A$  = Luas penampang penghantar

Hambatan jenis ( $\rho$ ) logam dapat menggunakan Tabel 3. di bawah ini.

Tabel 3. Tabel hambatan jenis logam

JENIS BAHAN	HAMBATAN JENIS ( $\Omega$ m)
Perak	$5,9 \times 10^{-8}$
Tembaga	$1,68 \times 10^{-8}$
Alumunium	$2,65 \times 10^{-8}$

Rugi-rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban seperti dari *transformator* yang berlokasi di Fasilitas Radiometalurgi ke laboratorium dan perkantoran. Dalam setiap penyaluran daya listrik ke beban terdapat rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh faktor-faktor tertentu seperti tahanan kontak, jarak saluran listrik ke beban, yang mengakibatkan bertambahnya nilai tahanan pada penghantar tersebut. Besarnya rugi-rugi daya distribusi listrik dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P_{loss} = I^2 \times R \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$P_{loss}$  = Rugi daya (Watt)

$I$  = Arus listrik yang disalurkan (Amper)

Data hasil identifikasi kerusakan ditunjukkan pada Gambar 5 dan pengukuran temperatur ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data pengukuran peralatan distribusi listrik menggunakan Themometer Infrared

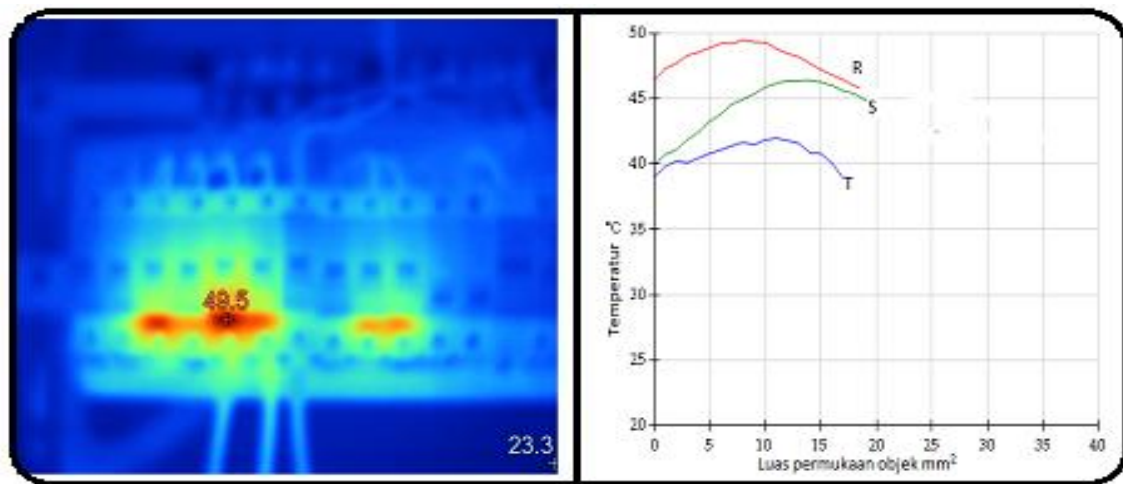
No	Tanggal pemeriksaan	Objek ukur	Lokasi	Temp. Alat ( $^{\circ}C$ )	Temp. ruang ( $^{\circ}C$ )	Ket.
Lantai 3						
1	10 Okt 2016	MCCB INCOMING	R. 305/ LVSDB 301	40.7	21.4	
2		MCCB INCOMING	R. 321/ PAC 301	35.2		
3		MCCB SF.02	R. 321/ PAC 301	40.7		
4		MCCB SF.01	R. 321/ PAC 301	41.2		
5		MCCB INCOMING	R. 302/ PAC 302	50.5	24.7	
6		MCB AL.02	R. 302/ PAC 302	44.5		

7		MCB EF.07	R. 302/ PAC 302	39.8		
8		MCB EF.09	R. 302/ PAC 302	35.2		
9		MCCB INCOMING	R. 303/ PAC 302	43.2	24.3	
10		MCB AL.01	R. 303/ PAC 302	41.3		
11		MCB EF.06	R. 303/ PAC 302	38.8		
12		MCB EF.08	R. 303/ PAC 302	35.6		
LANTAI 2						
13	10 Okt 2016	MCCB INCOMING	R.208/ LVSDB 201	31.3	23.8	
14		MCCB INCOMING	R.208/ LVSDB 201	33.2		
15		MCCB INCOMING	R.214/LVSDBE 202	42.8		
16		MCCB INCOMING	R.214/LVSDBE 202	37.2		
17		MCCB INCOMING	R.215/LVSDBE 203	29.9		
18		MCCB INCOMING	R.215/LVSDBE 203	31.4		
LANTAI 1						
19	10 Okt 2016	MCCB INCOMING	R.116 / LVSDB 101	35.3		
20		MCCB	PA.376 (ECP.101)	30.4		
Lantai <i>basement</i>						
21		MCCB INCOMING	R.029 / LVSDB 001	33.1	23.4	
MES Gd 21						
22	18 Okt 2016	ACB TR 301	MES	46.3	26.7	
23		ACB TR 301	MES	41.8		
24		LVSDB	MES	45.2		
25		LVSDB	MES	78.9		
26		LVSDB	MES	46.3		
27		LVSDB	MES	46.5		
28		PCHN	MES	54.7		
29		ACB PCHN	MES	51.2		



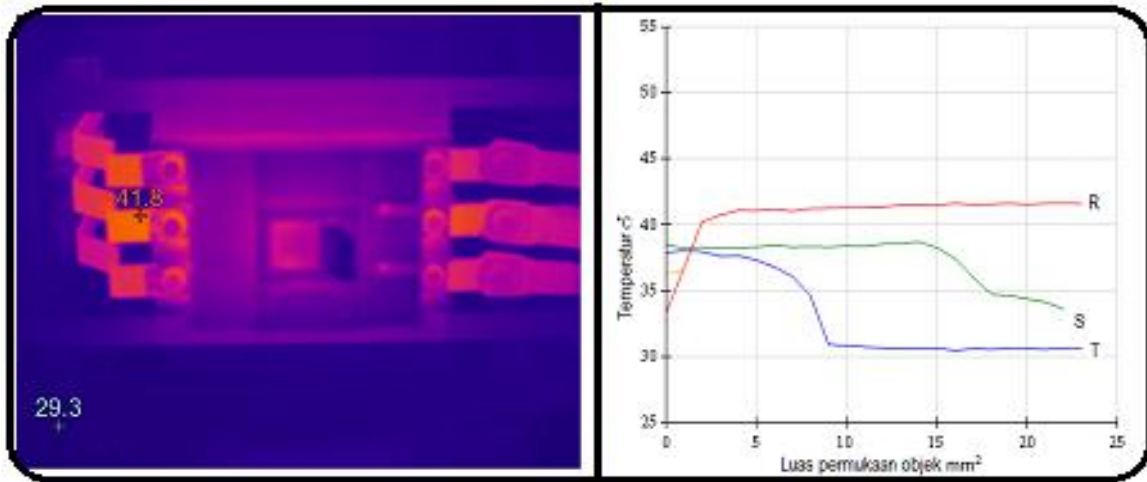
Gambar 5. MCCB yang harus diganti dan dilengkapi *motorize*

Gambar 5 sampai dengan 10 menunjukkan gambar hasil pengukuran temperatur menggunakan *Thermography Infrared* dengan bantuan perangkat *software*.

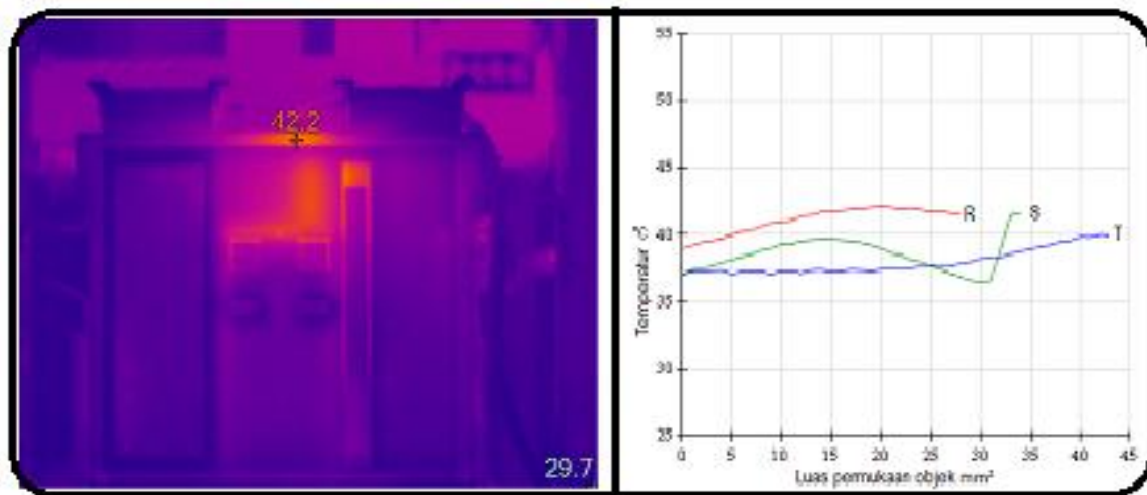


Gambar 6. Gambar dan grafik luasan panas pada MCCB LP lantai 2

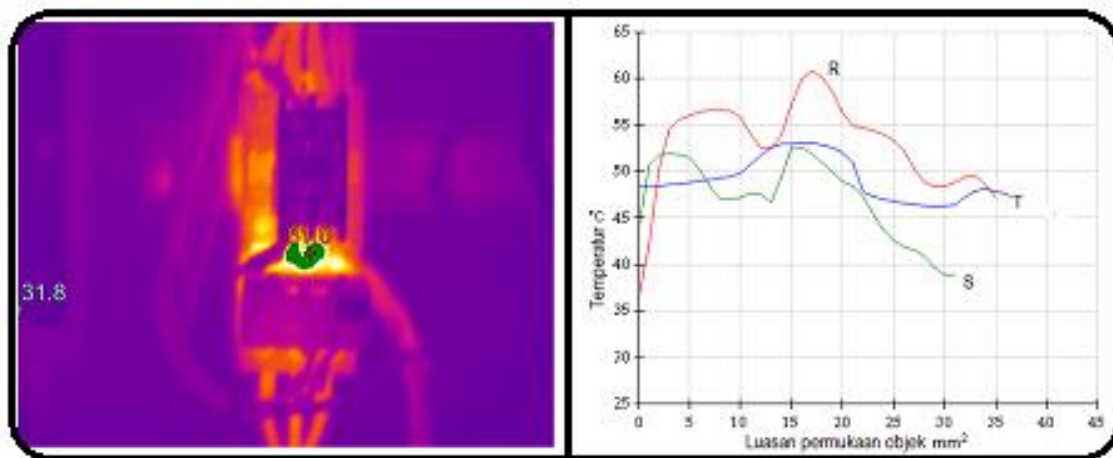




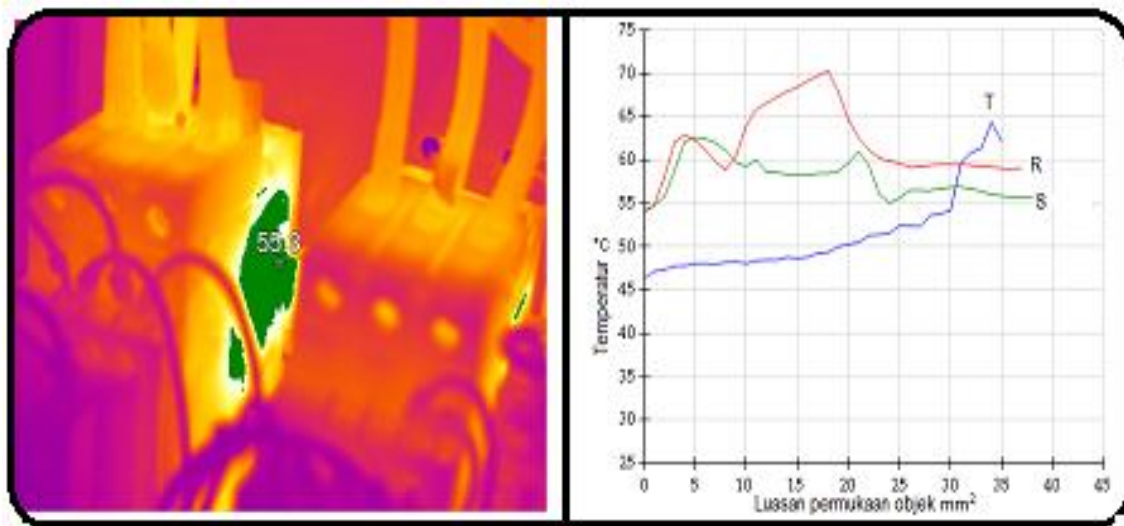
Gambar 7. Gambar dan grafik luasan panas pada MCCB LVSDB.301



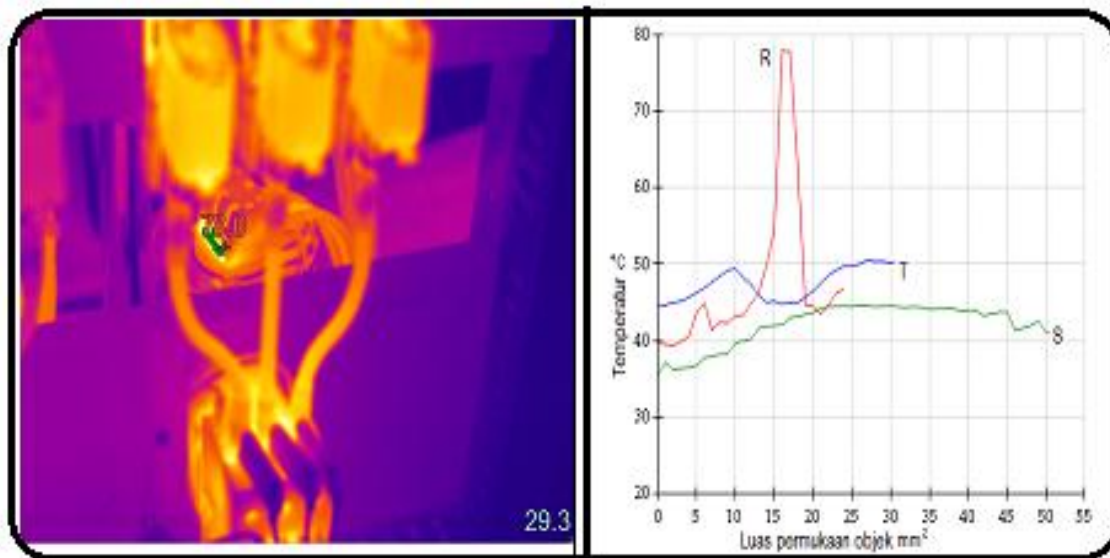
Gambar 8. Gambar dan grafik luasan panas pada ACB TR.302



Gambar 9. Gambar dan grafik luasan panas pada kontaktor magnet PU. 255



Gambar 10. Gambar dan grafik luasan panas pada Over Load AL.02



Gambar 11. Gambar dan grafik luasan panas sekring kapasitor bank 302 step 6

**Perhitungan Data Pengukuran**

Untuk melakukan pengaruh meningkatnya temperatur terhadap resistansi pada peralatan listrik seperti ditunjukkan grafik pada Gambar 6, yaitu gambar MCCB LVSDB.301, maka dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta R = R_o ( 1 + \alpha \cdot \Delta T ) \dots\dots\dots ( 1 )$$

- Diketahui:  $\rho$  = Tembaga adalah  $1.68 \times 10^{-8}$  Ohm Meter =  $1.68 \times 10^{-5}$  Ohm mili meter.
- $l$  = Panjang penghantar 20 mili meter (data dari grafik)
- $A$  = Luas penampang busbar  $40 \text{ mm}^2$  (data di lapangan)
- $\alpha$  =  $0,0039/\text{K}$  ( data dari Tabel 3)

Ditanyakan:  $\Delta R$  ?

**Jawab:**

$$R = \frac{\rho \times l}{A} \dots\dots\dots (2)$$

$$R_o = \frac{1.68 \times 10^{-5} \text{ Ohm mili meter} \times 20 \text{ mili meter}}{40 \text{ mm}^2}$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= 0,00008 \text{ Ohm} \\ &= T_2 + T_1 \\ &= 41,7 \text{ }^\circ\text{C} + 20 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 21,7 \text{ }^\circ \end{aligned}$$

Jadi

$$\begin{aligned} \Delta R &= 0,00008 \text{ Ohm} \left( 1 + \frac{0,0039 \times 21,7 \text{ K}}{K} \right) \\ &= 0,0000867 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka terjadi peningkatan tahanan pada penghantar busbar LVSDB.301 = 0,000067 ~ 8,5%.

Dengan cara perhitungan yang sama untuk menghitung hubungan  $\Delta R$  dan  $\Delta T$  peralatan yang lain seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Rugi daya =

$$P_{\text{loss}} = I^2 \times R \dots\dots\dots (3)$$

$$P_{\text{loss}} R_o = 479,3 \times 0,00008 = 18,4 \text{ watt}$$

$$P_{\text{loss}} \Delta R = 479,3 \times 0,0000867 = 19,9 \text{ watt}$$

Dengan cara perhitungan yang sama hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5 di bawah.

Tabel 5. Daftar peralatan yang harus diganti

No	Nama peralatan listrik	Tempat pemasangan alat	Jumlah
1	MCCB	Kompresor	1 Buah
2	MCCB	Interlok Genset	1 buah
3	MCCB	Interlok Normal Emergency	2 buah
4	Motor penggerak MCB ( <i>motorize</i> )	Catu Daya <i>Emergency</i>	2 buah

**PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil identifikasi pada peralatan panel distribusi tegangan menengah di fasilitas Radiometalurgi maka diperoleh beberapa peralatan yang harus dilakukan perbaikan diantaranya seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. MCCB kompresor udara tekan *motorize* rusak sehingga menyulitkan untuk mengoperasikannya. Kondisi sekarang jika akan dioperasikan MCCB tersebut dengan manipulasi operasi yaitu harus menggunakan tongkat yang bersifat isolator, hal tersebut tidak sesuai dengan prinsip-prinsip keselamatan kerja dengan peralatan listrik, sehingga harus dilakukan langkah pengadaan suku cadang untuk perbaikan.

Kondisi yang harus diperhatikan dalam transfer catu daya *emergency* (kondisi tidak normal) ke distribusi panel lain adalah dipastikannya beban tersambung hanya pada satu sumber. Sumber utama saja, atau sumber *emergency* saja. Ketika generator aktif dan apabila PLN hidup kembali tidak terjadi tabrakan transfer catu dayanya. Untuk memenuhi kondisi ini, menyambungkan beban dengan sumber digunakan komponen MCCB tiga fasa secara sistem interlock. Kondisi sekarang jika terjadi gangguan listrik dari PLN maka MCCB ini sering gagal operasi dan untuk mengatasinya membutuhkan teknik khusus dengan cara manipulasi operasi sehingga tidak sesuai dengan rancangan awal dan keselamatan untuk pekerja listrik, kondisi seperti ini harus segera dilakukan langkah pengadaan suku cadang untuk perbaikan.

MCCB untuk catu daya *emergency* yang berfungsi untuk *interlock* antara generator GE.301 dan GE. 302, motor penggeraknya (*motorize*) belum terpasang. Pemasangan *motorize* berfungsi untuk penggerak mekanik *interlock* dan pengaman sistem operasi yaitu untuk mengamankan terjadinya tabrakan fasa dari sumber listrik yang berbeda.

Saat ini sistem *interlock* belum terpasang. Upaya untuk mencegah salah pengoperasian, maka salah satu diantaranya tidak dilakukan penyambungan/instalasi pada MCCB tersebut. Untuk mengembalikan fungsinya maka harus dilakukan langkah pengadaan suku cadang untuk perbaikan.

Strategi perawatan yang efisien, praktis dan aman pada peralatan distribusi listrik diantaranya dengan dilakukan pengukuran temperatur untuk mengetahui peningkatan temperatur pada peralatan tersebut. Pengukuran temperatur diantaranya menggunakan *thermometer infrared*. Data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4. Pada MCCB LVSDB MES terukur 78,9<sup>0</sup>C dan MCCB PCHN MES terukur 54,7<sup>0</sup>C. Peningkatan temperatur tersebut mengacu pada Tabel 1, peralatan dengan kondisi temperatur tidak wajar harus segera dilakukan tindakan. Setelah dilakukan tindakan perbaikan pada MCCB LVSDB MES dan MCCB PCHN MES penyebab peningkatan temperatur karena konektor atau hubungan komponen listrik yang longgar. Paska perbaikan, temperatur pada kedua MCCB tersebut kembali normal.

Pengukuran temperatur menggunakan *Thermography Infrared*, lebih banyak informasi data yang disajikan untuk dikembangkan jika dibandingkan dengan *thermometer infrared*. Dengan bantuan perangkat *software* data hasil pengukuran menggunakan *Thermografy Infrared* diantaranya dapat menampilkan gambar dan grafik luasan penyebaran panas, titik-titik panas minimum dan maksimum. Berdasarkan data-data tersebut dapat dikembangkan untuk mengetahui pengaruh peningkatan temperatur terhadap perubahan resistensi dan rugi daya . Pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran menggunakan *Thermography Infrared*.

Pengaruh peningkatan temperatur terhadap perubahan resistensi dan rugi daya dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 sampai dengan 3 dan Gambar 4. Data dan hasil perhitungan seperti ditunjukkan pada Tabel 6 di bawah.

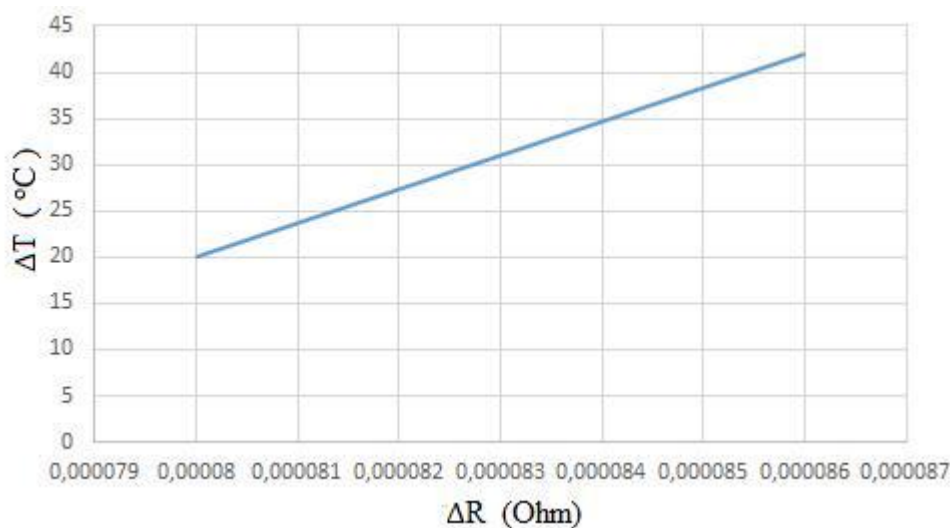
Tabel 6. Tabel perhitungan perubahan temperatur terhadap tahanan peralatan listrik

No	No. Gambar>Nama objek ukur	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$R_o$ (Ohm)	$\Delta R$ (Ohm)	Arus Yang Terukur (Amper)	Rugi Daya (Watt)
1	Gambar 5. MCB PP 201	29,2	0,000062	0,00007	14,3	0,8
2	Gambar 6. MCCB LVSDDB.301	21,7	0,00008	0,000087	479,3	19,9
3	Gambar 7. ACB TR.302	22,2	0,000038	0,000042	597,7	15
4	Gambar 8. Kontaktor PU.255	22,2	0,000037	0,000043	6,3	0,6
5	Gambar 9. Overload AL.02	50,3	0,000042	0,00005	46,8	1,3
6	Gambar 10. Sikring kapasitor bank 301 step 6	58	0,000063	0,00007	53,4	1,7

Perhitungan pengaruh perubahan temperatur terhadap tahanan peralatan listrik yang ditampilkan hanya satu sebagai contoh yaitu grafik pada Gambar 6. MCCB LVSDDB.301. Ukuran panjang penghantar diwakili dengan panjang rambatan panas pada grafik yaitu 20 mm, sedangkan luas penampang penghantar disesuaikan data di lapangan. Temperatur *background* sesuai data pabrik yaitu  $20^{\circ}C$ . Sedangkan peningkatan temperatur merupakan nilai terukur dikurangi nilai *background*. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung pengaruh meningkatnya temperatur terhadap perubahan dan meningkatnya nilai resistensi.

Data hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa peningkatan temperatur berbanding lurus dengan resistensi. Hal tersebut ditunjukkan

pada grafik pada Gambar 4 dan grafik pada Gambar 12, menunjukkan teori dan data berdasarkan perhitungan sama (terbukti).



Gambar 12. Grafik perubahan  $\Delta R$  VS  $\Delta T$  Pada ACB TR 302

Pengaruh meningkatnya temperatur pada konektor berdasarkan pembacaan grafik pada Gambar 10 nilai tahanan dari hasil perhitungan sangat kecil sehingga tidak relevan dengan peningkatan temperatur, hal tersebut karena kurang teliti ketika mengambil *image*. Berdasarkan pemeriksaan di lapangan pada konektor terjadi oksidasi. Meningkatnya tahanan listrik mengakibatkan sifat konduksi listrik berkurang, sehingga arus yang mengalir menjadi terhambat. Sedangkan terhambatnya arus listrik mengakibatkan efek *Joule* meningkat yaitu menghasilkan panas.

Efek panas merupakan kerugian daya. Besarnya rugi daya pada peralatan distribusi listrik di fasilitas Radiometalurgi yang ditunjukkan pada Tabel 6. Efek panas berlebihan menyebabkan umur operasi peralatan menjadi pendek.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi unjuk kerja pada peralatan dan komponen distribusi listrik yang berlokasi di fasilitas Radiometalurgi dapat disimpulkan sebagai berikut: Terdapat 4 buah MCCB dan 2 buah *motorize* yang harus dilakukan perbaikan yaitu pada kompresor udara tekan dan sistem *interlock*. Pengukuran temperatur menggunakan *Thermometer Infrared* diperoleh data peningkatan temperatur terhadap beberapa peralatan distribusi listrik diantaranya: MCCB LVSDB MES terukur  $78,9^{\circ}C$  dan MCCB PCHN MES terukur  $54,7^{\circ}C$ . Pengukuran menggunakan *Thermografy infrared* dengan bantuan perangkat *software* dapat dilakukan perhitungan, hasilnya menunjukkan adanya peningkatan hambatan listrik menjadi rugi daya dalam bentuk panas. Efek panas berlebihan menyebabkan umur operasi peralatan menjadi pendek. Dengan dilakukan

evaluasi unjuk kerja pada peralatan dan komponen distribusi listrik yang berlokasi di fasilitas Radiometalurgi maka dapat diketahui kondisi peralatan dan dapat menentukan langkah sesegera mungkin pekerjaan perbaikan terhadap peralatan tersebut, sehingga kegagalan komponen dapat dicegah dan dapat memperpanjang umur operasi peralatan.

#### **SARAN**

Perawatan peralatan distribusi listrik secara umum dilakukan dengan pemadaman listrik di luar jam kerja atau hari libur, hal tersebut disarankan dilakukan koordinasi dengan pihak terkait untuk pelaksanaannya.

Untuk memudahkan pemeriksaan temperatur pada peralatan listrik di fasilitas Radiometalurgi, Bidang Pengembangan Fasilitas Bahan Bakar Nuklir disarankan memiliki peralatan *Thermography Infrared*.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Sudirham, Sudaryatno, Analisis Rangkaian Listrik, ITB, Bandung, 2012.
2. <http://www.alatuji.com/article/infrared-thermometer-mengukur-suhu-tanpa-menyetuh-obyek>
3. MID Consultant Project Radiometalurgi Installation Diagram Electrical System, 1987.