

**DISTRIBUSI PANAS PADA PANEL KAPASITOR BANK BHA/BHB/BHC
MENGUNAKAN *INFRARED THERMOGRAPHY*
SETELAH PEMASANGAN *EXHAUS FAN***

Teguh Sulistyio
PRSG-BATAN

ABSTRAK

DISTRIBUSI PANAS PADA PANEL KAPASITOR BANK BHA/BHB/BHC MENGGUNAKAN *INFRARED THERMOGRAPHY*. Telah dilakukan pemantauan distribusi panas pada masing-masing panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC dengan menggunakan *Infrared Thermography*. Panas yang terdapat pada panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC ini perlu mendapat perhatian dan penanganan khusus karena penyimpangan panas yang mungkin terjadi umumnya berpotensi memicu timbulnya masalah yang lebih besar, dan bahkan dalam beberapa kasus dapat memicu kebakaran. Hasil pemantauan menunjukkan bahwa sebelum pemasangan *exhaus fan* terpantau titik panas yang lebih besar dari 50°C sebanyak 12 titik dengan rata-rata sebesar 42,19 °C dan setelah *exhaus fan* dipasang panas pada panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC mengalami penurunan rata-rata sebesar 38,75 °C. Jadi terdapat penurunan panas pada masing-masing panel kapasitor bank sebesar 3,45 °C.

Kata Kunci: pemantauan distribusi panas, *Infrared Thermography*, kapasitor bank

ABSTRACT

HEAT DISTRIBUTION PANEL CAPACITOR BANK BHA/BHB/BHC INSTALLATION AFTER USING *INFRARED THERMOGRAPHY EXHAUS FAN*. *Has conducted monitoring of heat distribution on each panel capacitor bank BHA/BHB/BHC using Infrared Thermography. The heat contained in the capacitor bank panel BHA / BHT / BHC is in need of special attention and handling because of irregularities that may occur generally heat could potentially lead to a bigger problem, and even in some cases can lead to fire. The monitoring results indicate that prior to the installation of exhaust fan hot spots observed greater than 50°C as much as 12 points with an average of 42,19°C and after exhaust fan mounted on each panel capacitor bank BHA/BHB/BHC heat impairment average of 38,75°C. So there is a reduction in heat on each panel capacitor bank of 3.45°C.*

Keywords: *monitoring the distribution of heat, infrared Thermography, capacitor bank*

PENDAHULUAN

Panas yang timbul pada panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC perlu mendapat perhatian dan penanganan khusus karena berbagai kondisi penyimpangan yang mungkin terjadi umumnya berpotensi memicu timbulnya masalah yang lebih besar, dan bahkan dalam beberapa kasus dapat memicu kecelakaan kerja yang beresiko

tinggi. Penyebab yang sering terjadi yaitu sambungan terminal kabel listrik yang tidak baik (*bad contact*).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengetahui kondisi penyimpangan tersebut di atas dan mencegah terjadinya penyimpangan yaitu dengan melakukan pemantauan distribusi panas panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC menggunakan *Infrared Thermography*.

Infrared Thermography merupakan salah satu peralatan teknologi *non destructive testing non-contact infrared* yang telah banyak dimanfaatkan untuk kegiatan *preventive maintenance, predictive maintenance, quality control*, dan *safety control* terhadap peralatan mekanik dan elektrik RSG-GAS. Secara harafiah *Infrared Thermography* dapat menampilkan citra distribusi panas permukaan objek yang diukur pada temperatur normal atau tidak normal. Alat ini memiliki akurasi yang cukup baik dan sangat mudah serta praktis digunakan karena tidak perlu mematikan sistem atau peralatan yang sedang beroperasi serta menyentuh obyek yang diukur.

Sebelum pemasangan *exhaus fan*, kondisi penyimpangan panas yang terjadi pada komponen-komponen panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC cukup besar dan apabila tidak segera ditanggulangi akan berpotensi memicu timbulnya masalah yang lebih besar. Hal inilah yang melatarbelakangi perlunya penelitian ini dilakukan. Ruang lingkup penelitian ini meliputi panel

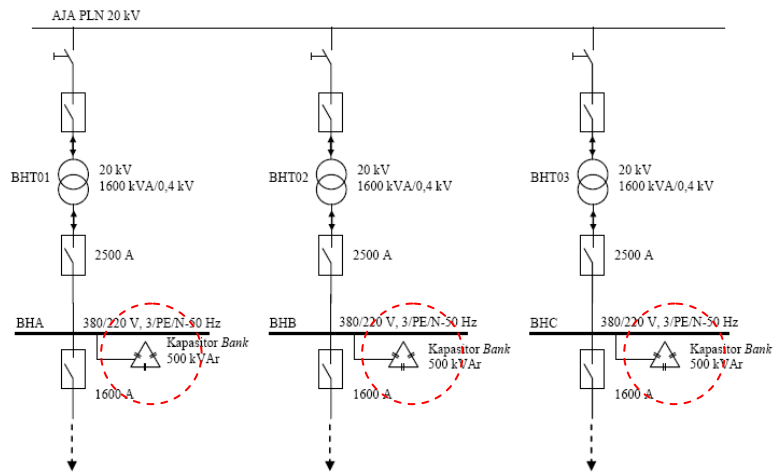
kapasitor bank BHA/BHB/BHC RSG-GAS dan pemasangan exhaust fan

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui distribusi panas dan *trend* penyimpangan panas sebelum dan setelah pemasangan *exhaus fan* pada panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC.

TEORI DASAR

Fungsi kapasitor bank BHA/BHB/BHC

Pada Gambar 1, ditunjukkan diagram segaris penempatan kapasitor bank BHA/BHB/BHC kapasitas masing-masing 500 kVAr pada train A, train B dan train C sistem kelistrikan RSG-GAS. Dari gambar tersebut terlihat bahwa penempatan kapasitor bank BHA/BHB/BHC ini menggunakan metoda *Global Compensation*, yaitu kapasitor bank ditempatkan pada panel distribusi utama (*Main Distribution Panel*, MDP) sehingga diharapkan penurunan arus listrik yang disertai dengan rugi-rugi akibat disipasi panas hanya terjadi pada penghantar antara panel MDP sampai dengan transformator.



Gambar 1. Diagram segaris penempatan kapasitor bank BHA/BHB/BHC^[1]

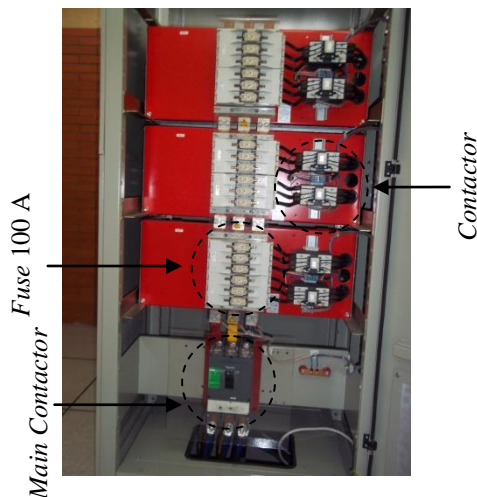
Fungsi kapasitor bank pada sistem kelistrikan RSG-GAS yaitu untuk memperbaiki faktor daya supaya tidak terkena beban pinalti kVARh yang ditetapkan oleh

PLN yaitu apabila kurang dari 0,8; memaksimalkan penggunaan daya terpasang (kVA), mengurangi jatuh tegangan (*voltage*

drop) dan menghindari kelebihan beban transformator BHT01/02/03.



Gambar 2. Panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC RSG-GAS sebelum dipasang *exhaus fan*^[1]



Gambar 3. Komponen panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC RSG-GAS^[1]

Hubungan arus pendek pada panel listrik bisa terjadi karena beberapa hal, antara lain karena:

- 1) Pemasangan piranti listrik yang kurang sempurna, atau adanya kabel yang terkelupas dan menjadikan kabel yang bermuatan positif bersentuhan dengan kabel bermuatan negatif sehingga mengakibatkan timbulnya arus pendek yang disertai dengan keluarnya percikan

api dari kabel tersebut, terminal kabel, stop kontak atau piranti listrik lainnya;

- 2) Arus listrik akibat hubung singkat mengalir melalui jalur atau piranti yang tidak dilengkapi dengan pengaman. Sehingga saat terjadi hubungan singkat, arus berlebih mengalir sangat besar karena tidak dihalangi oleh hambatan dan dapat menimbulkan ledakan;
- 3) Penyebab lain dari peristiwa kebakaran adalah kondisi kabel yang dipakai telah mengalami penuaan sehingga tidak mampu lagi menahan arus yang begitu tinggi setiap hari sehingga kabel yang rapuh akan panas, makin rapuh dan akhirnya terbakar pada tempat yang rapuh itu, muncullah percikan api kecil yang membakar kabel lain.

Infrared Thermography

Infrared Thermography merupakan salah satu alat ukur suhu yang cukup praktis dan mudah untuk mendeteksi perubahan temperatur hingga $0,1^{\circ}\text{C}$ dari jarak tertentu tanpa menyentuh obyek yang diukur dengan cara *scanning*. Alat ukur ini tergolong jenis *non destructive testing non-contact infrared* yang dapat digunakan untuk kegiatan *preventive maintenance, predictive maintenance, quality control, safety control, testing & commissioning* atau *NDT of materials evaluation*.

Lokasi panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC berada di dalam ruang 501 dan bersebelahan dengan panel distribusi BHA/BHB/BHC. Saat pengukuran distribusi panas akan dilakukan, faktor kecepatan angin tidak perlu diperhatikan karena kecepatan angin di dalam ruang 501 tersebut kurang dari 1 knot. Sedangkan faktor lainnya seperti kondisi permukaan objek dan waktu pengukuran perlu diperhatikan. Objek permukaan yang diukur kondisinya harus dapat langsung terlihat dan tidak terhalang oleh benda lain. Waktu pengukuran (pagi, sore atau malam) harus memperhatikan pencahayaan yang terdapat di dalam ruang panel tersebut.

Tabel 2. Faktor koreksi kecepatan angin^[2]

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
≥ 9	Tidak direkomendasikan

T_{rise} = kenaikan temperatur (°C)
 F = faktor koreksi
 K = kecepatan angin (m/s)

TATA KERJA

Penelitian ini diawali dengan kegiatan survei langsung ke lapangan untuk memastikan bahwa obyek yang akan diukur tidak terhalang oleh benda lain dan memastikan kapan waktu yang baik untuk dilaksanakan pengukuran termal tersebut.

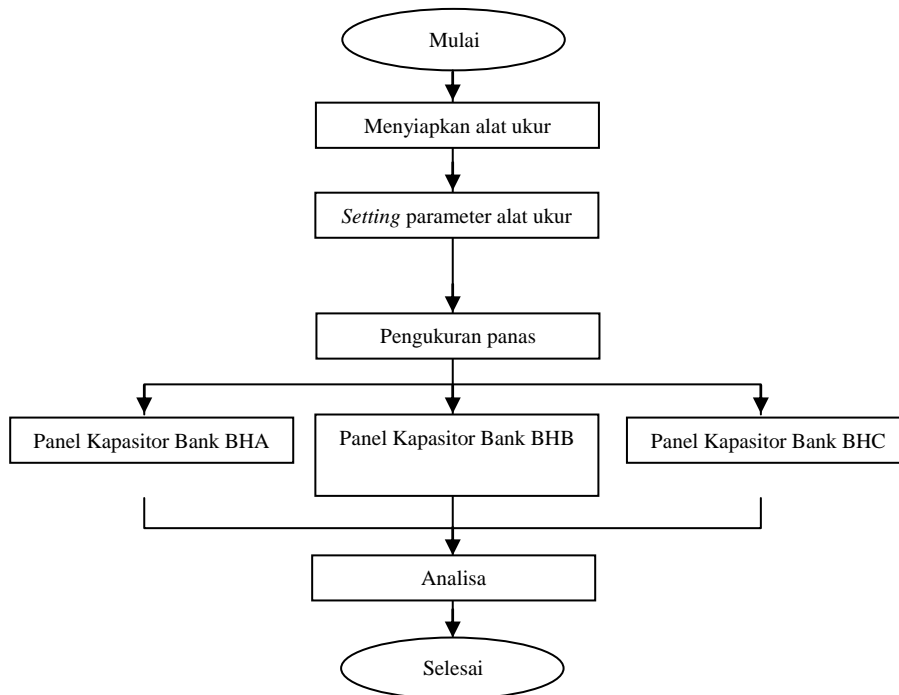
Kegiatan selanjutnya yaitu menyiapkan alat ukur, *setting* parameter alat ukur sesuai standar dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan dan dilanjutkan dengan melakukan pengukuran pada masing-masing panel kapasitor bank. Pada Gambar 3 ditunjukkan alur kegiatan pengukuran termal pada kapasitor bank BHA/BHB/BHC.

Temperatur sebenarnya (T_s) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_{(s)} = T_{rise} \times F \times K_{(kecepatan\ angin)} \dots\dots(1)$$

Dengan:

$T_{(s)}$ = temperatur sebenarnya (°C)



Gambar 3. Alur kegiatan pengukuran panas

Jenis dan spesifikasi alat ukur yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis dan spesifikasi *Infrared Thermography* ^[3]

<i>Temperature Measurements</i>	-20 °C to + 600 °C
<i>Camera model</i>	Fluke Ti32
<i>Accuracy</i>	2 °C or 2 %, whichever is greater (at 25 °C nominal)
<i>Measurement Modes</i>	Smooth Auto-Scaling and Manual
<i>Image Capture Frequency</i>	9 Hz or 60 Hz refresh rate depending on model
<i>Relative Humidity</i>	10 % to 95 % non-condensing
<i>Display</i>	3.7 in. diagonal landscape color 640 x 480 LCD with backlight

Pengukuran distribusi panas difokuskan pada beberapa komponen utama antara lain *Main Contactor*, *contactor*, *fuse* dan sambungan kabel pada terminal kabel dari masing-masing modul yang terdapat pada kapasitor bank BHA/BHB/BHC tanpa harus

memadamkan peralatan yang sedang beroperasi. Karena letak masing-masing kapasitor bank berada di belakang panel dan posisinya cukup sulit untuk diukur jadi panas dari masing-masing kapasitor bank tidak dapat diukur.

Parameter-parameter yang di-*setting* pada alat ukur antara lain *emisivity* pada nilai 0,95; *background temperature* pada nilai 20°C; *transmission* pada nilai 1; *image range* pada nilai 30,0 °C sd 95,0 °C; *average temperature* pada nilai 24 °C; kecepatan angin kurang 1 m/s, jarak pengambilan gambar berkisar 1 m dan kelembaban sebesar 61%. Pengukuran distribusi panas dilaksanakan sebelum dan setelah *exhaus fan* di pasang pada panel kapasitor bank. Hal ini sangat diperlukan untuk mengetahui sejauhmana penurunan panas pada panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemantauan panas sebelum di pasang *exhaus fan*

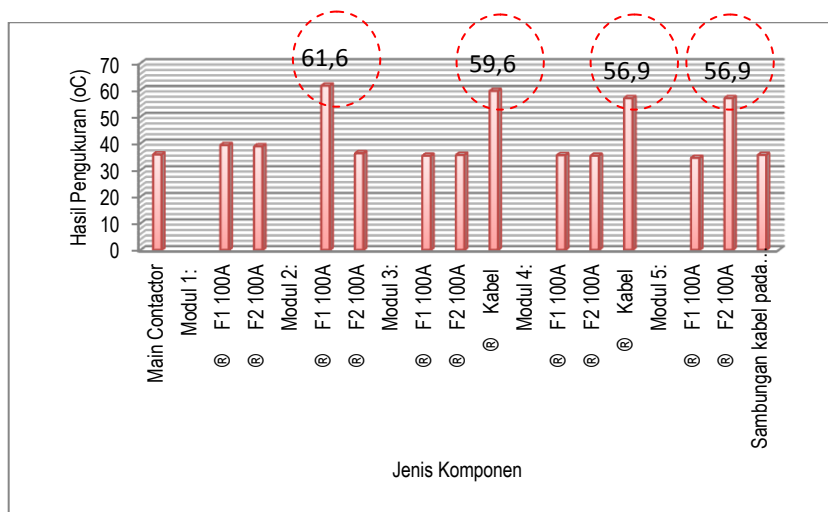
Hasil pemantauan panas pada panel Kapasitor Bank BHA/BHB/BHC sebelum di pasang *exhaus fan* ditunjukkan pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5

Tabel 3. Hasil pemantauan panas pada panel kapasitor bank BHA sebelum *exhaus fan* dipasang

Nama Komponen	Spesifikasi	Hasil pengukuran panas (oC)
Panel BHA <i>Main Contactor I & II</i>	Type LZM2; Merk Moeller; Ue : 600 V AC; Ui : 1000 V AC; Uimp : 8000 V AC; IEC/EN : 60947; DIN/VDE : 0660; In : 200 A; Temperatur : 40 °C	35,9
Modul 1: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	39,4
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	38,9
Modul 2: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	61,6

Tabel 3. Lanjutan

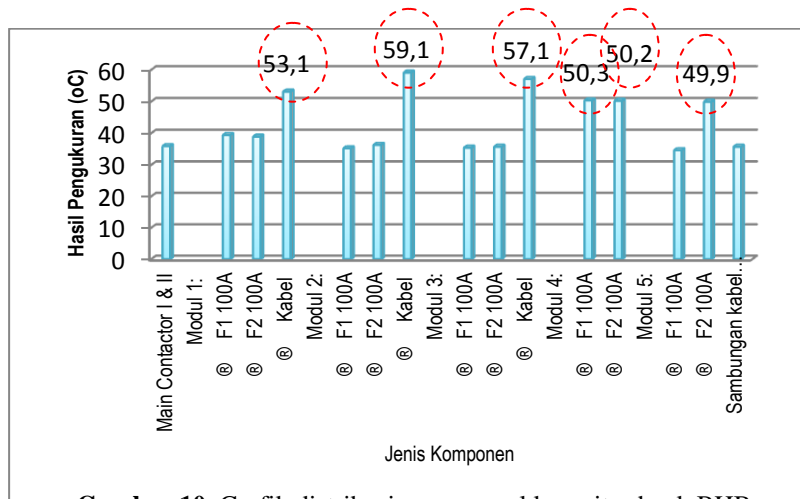
Nama Komponen	Spesifikasi	Hasil pengukuran panas (oC)
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	36,3
Modul 3:		
→ F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	35,4
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	35,7
→ Kabel	Fuse 100 A – <i>contactor</i>	59,6
Modul 4:		
→ F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	35,6
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	35,4
→ Kabel	Fuse 100 A – <i>contactor</i>	56,9
Modul 5:		
→ F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	34,6
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	56,9
Sambungan kabel pada terminal kabel	220 VAC	35,7



Gambar 9. Grafik distribusi panas panel kapasitor bank BHA

Tabel 4. Hasil pemantauan panas pada panel kapasitor Bank BHB sebelum *exhaus fan* dipasang

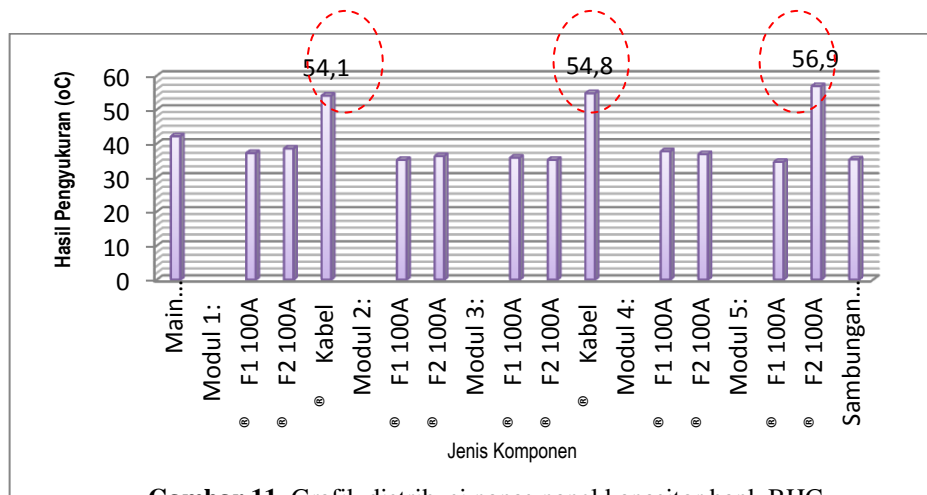
Nama Komponen	Spesifikasi	Hasil pengukuran panas (oC)
Panel BHB <i>Main Contactor I&II</i>	Type LZM2; Merk Moeller; Ue : 600 V AC; Ui : 1000 V AC; Uimp : 8000 V AC; IEC/EN : 60947; DIN/VDE : 0660; In : 200 A; Temperatur : 40 °C	35,9
Modul 1: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	39,4
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	38,9
→ Kabel	Fuse 100 A – <i>contactor</i>	53,1
Modul 2: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	35,2
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	36,3
→ Kabel	Fuse 100 A – <i>contactor</i>	59,1
Modul 3: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	35,4
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	35,7
→ Kabel	Fuse 100 A – <i>contactor</i>	57,1
Modul 4: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	50,3
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	50,2
Modul 5: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	34,6
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	49,9
Sambungan kabel pada terminal kabel	220 VAC	35,7



Gambar 10. Grafik distribusi panas panel kapasitor bank BHB

Tabel 5. Hasil pemantauan panas pada panel kapasitor Bank BHC sebelum *exhaus fan* dipasang

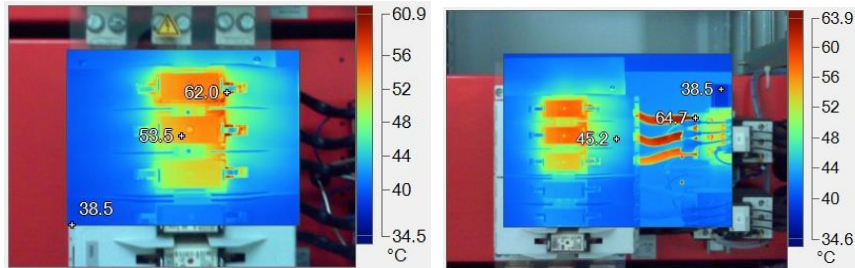
Nama Komponen	Spesifikasi	Hasil pengukuran panas (oC)
Panel BHC <i>Main Contactor I&II</i>	Type LZM2; Merk Moeller; Ue : 600 V AC; Ui : 1000 V AC; Uimp : 8000 V AC; IEC/EN : 60947; DIN/VDE : 0660; In : 200 A; Temperatur : 40 °C	35,9
Modul 1: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	37,2
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	38,5
→ Kabel	Fuse 100 A – <i>contactor</i>	54,1
Modul 2: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	35,2
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	36,3
→ Kabel	Fuse 100 A – <i>contactor</i>	54,8
Modul 3: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	35,8
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	35,2
→ Kabel	Fuse 100 A – <i>contactor</i>	54,8
Modul 4: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	37,7
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	36,9
Modul 5: → F1 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	34,6
→ F2 100A	Fuse 100 A; <i>Contactor</i> Type : SE-K3-74B00	56,9
Sambungan kabel pada terminal kabel	220 VAC	35,3



Gambar 11. Grafik distribusi panas panel kapasitor bank BHC

Pada Gambar 12, terlihat bahwa jumlah titik panas yang terpantau pada panel kapasitor bank BHA sebanyak 4 titik. Pada panel kapasitor bank BHA, titik panas

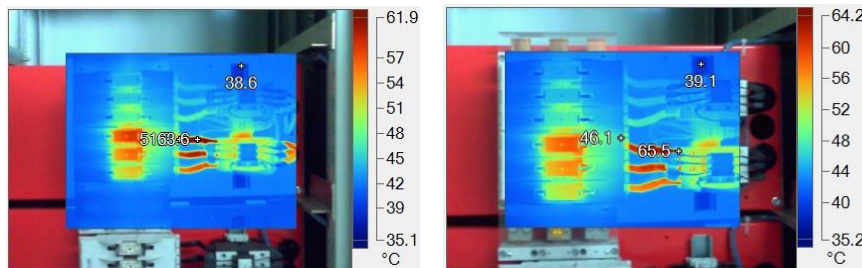
tertinggi terdapat pada komponen *fuse* 100 A dan *contactor* tipe SE-KE-74B00 pada F1 100 A modul 2 sebesar 61,6 °C.



Gambar 12. Hasil deteksi titik panas pada kapasitor bank panel BHA

Pada Gambar 13, terlihat bahwa jumlah titik panas yang terpantau pada panel kapasitor bank BHB sebanyak 5 titik. Pada panel kapasitor bank BHB, titik panas tertinggi terdapat pada komponen kabel yang

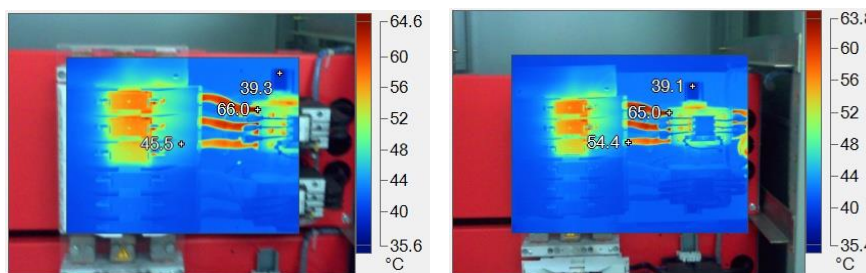
menghubungkan antara *fuse* 100 A dengan *contactor* tipe SE-KE-74B00 pada F2 100 A modul 2 sebesar 59,1 °C.



Gambar 13. Hasil deteksi kapasitor bank panel BHB

Dari Gambar 14, terlihat bahwa jumlah titik panas yang terpantau pada panel kapasitor bank BHC sebanyak 3 titik. Pada panel kapasitor bank BHC, titik panas tertinggi terdapat pada komponen *fuse* 100 A

dan *contactor* tipe SE-KE-74B00 pada F2 100 A modul 5 sebesar 56,9 °C.



Gambar 14. Hasil deteksi kapasitor bank panel BHC

Hasil pemantauan distribusi panas setelah di pasang *exhaus fan*

Pada Gambar 15 ditunjukkan hasil pemasangan *exhaus fan* pada masing-masing panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC. Tipe

exhaus fan yang digunakan yaitu EFP-FA7/10-1-MT, kecepatan putaran 1400 rpm, 30 W/220 VAC, 50 dBA, ukuran 16 inch.



a). *Exhaus fan*

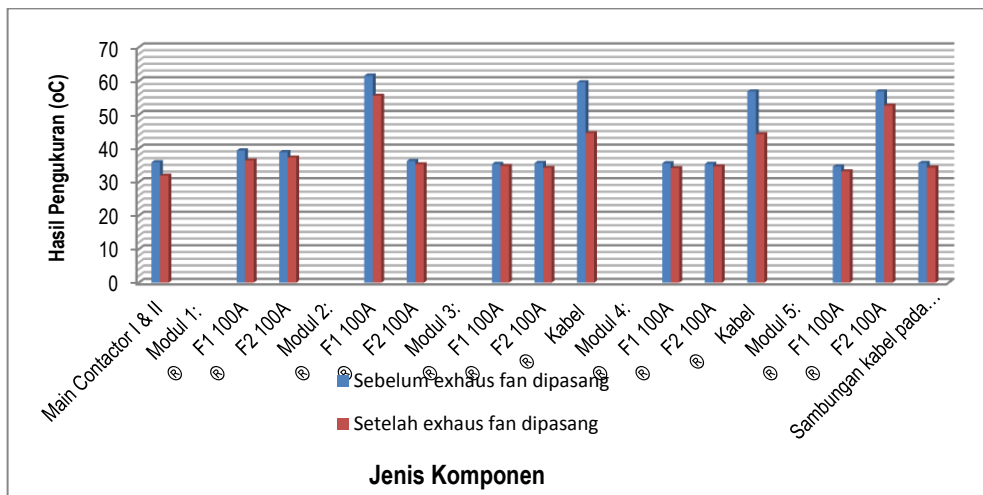


b). *Ducting exhaus*

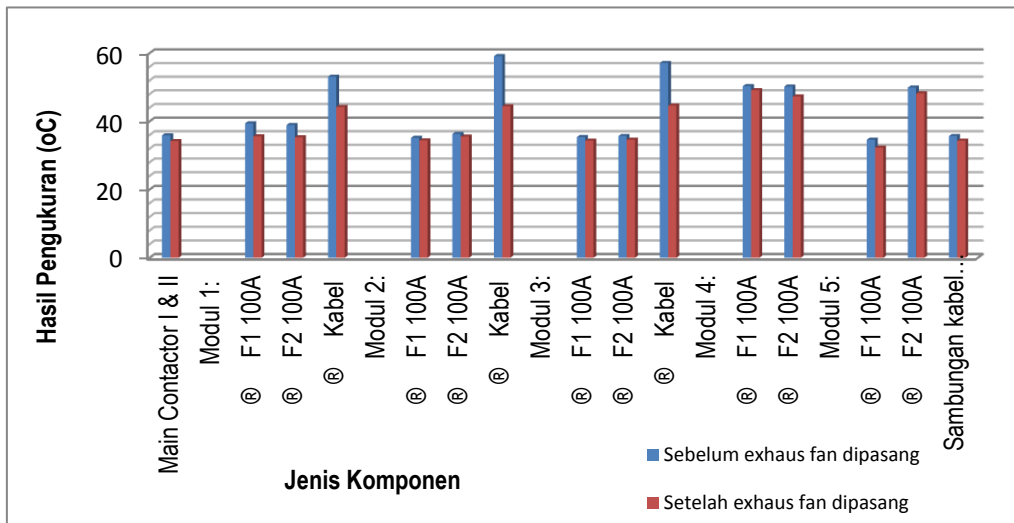
Gambar 15. Foto *exhaus fan* yang telah terpasang pada panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC

Dari Gambar 15 terlihat bahwa *exhaus fan* ditempatkan pada masing-masing panel kapasitor bank. Hal ini dimaksudkan supaya

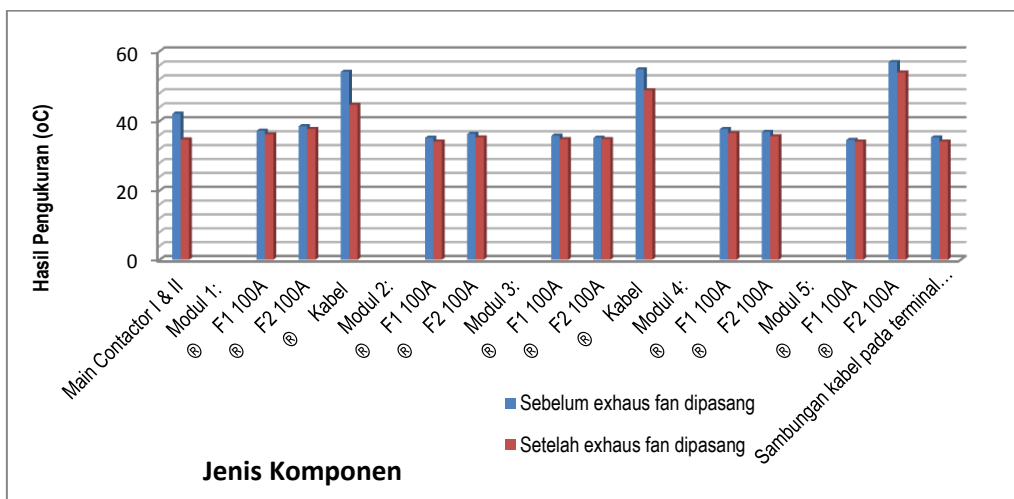
panas yang terdapat di dalam panel kapasitor bank dapat ditarik keluar dari ruang panel.



Gambar 16. Hasil pemantauan panas pada panel kapasitor Bank BHA sebelum dan setelah *exhaus fan* dipasang



Gambar 17. Hasil pemantauan panas pada panel kapasitor Bank BHB sebelum dan setelah *exhaust fan* dipasang



Gambar 18. Hasil pemantauan panas pada panel kapasitor Bank BHC sebelum dan setelah *exhaust fan* dipasang

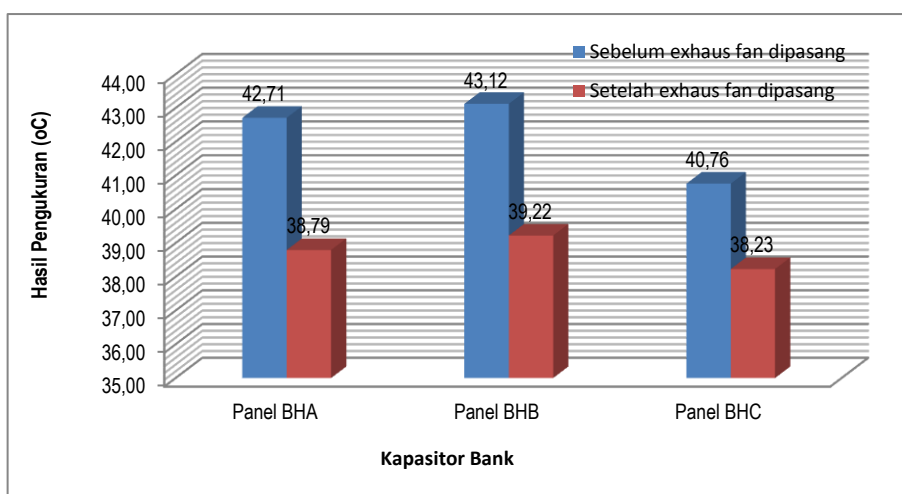
Pada Gambar 16, terlihat adanya penurunan panas pada panel kapasitor bank setelah *exhaust fan* dipasang. Penurunan panas pada panel kapasitor bank BHA rata-rata sebesar 7,14 %. Sebelum *exhaust fan*

dipasang rata-rata panas yang terukur di dalam ruang panel kapasitor bank sebesar 42,71°C, dan setelah *exhaust fan* dipasang rata-rata panas yang terukur di dalam ruang panel kapasitor bank sebesar 38,79°C.

Sehingga terdapat penurunan panas sebesar 3,91°C.

Pada Gambar 17, terlihat adanya penurunan panas pada panel kapasitor bank setelah *exhaus fan* dipasang. Penurunan panas pada panel kapasitor bank BHB rata-rata sebesar 6,67 %. Sebelum *exhaus fan* dipasang rata-rata panas yang terukur di dalam ruang panel kapasitor bank sebesar 43,12°C, dan setelah *exhaus fan* dipasang rata-rata panas yang terukur di dalam ruang panel kapasitor bank sebesar 39,22°C. Sehingga terdapat penurunan panas sebesar 3,9°C.

Pada Gambar 18, terlihat adanya penurunan panas pada panel kapasitor bank setelah *exhaus fan* dipasang. Penurunan panas pada panel kapasitor bank BHC rata-rata sebesar 7,14 %. Sebelum *exhaus fan* dipasang rata-rata panas yang terukur di dalam ruang panel kapasitor bank sebesar 40,76°C, dan setelah *exhaus fan* dipasang rata-rata panas yang terukur di dalam ruang panel kapasitor bank sebesar 38,23°C. Sehingga terdapat penurunan panas sebesar 2,53°C.



Gambar 19. Penurunan panas sebelum dan setelah *exhaus fan* dipasang pada panel kapasitor bank

Dari Gambar 19, sebelum *exhaus fan* dipasang panas pada panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC rata-rata sebesar 42,19 °C dan setelah *exhaus fan* dipasang panas pada panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC mengalami penurunan rata-rata sebesar 38,75 °C, jadi terdapat penurunan panas sebesar 3,45 °C.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pemantauan distribusi panas pada panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC ini yaitu:

- 1) Sebelum pemasangan *exhaus fan* terpantau titik panas yang lebih besar dari 50°C sebanyak 12 titik dengan rata-rata sebesar 42,19 °C dan setelah *exhaus fan* dipasang panas pada panel kapasitor bank BHA/BHB/BHC mengalami penurunan rata-rata sebesar 38,75 °C. Jadi terdapat penurunan panas pada masing-masing panel kapasitor bank sebesar 3,45 °C;
- 2) Pemasangan *exhaus fan* pada masing-masing panel kapasitor bank sangat berguna untuk mengeluarkan dan menurunkan panas yang terjadi;

- 3) Pemantauan distribusi panas pada panel kapasitor bank BHA/BHB/ BHC dengan menggunakan *Infrared Thermography* perlu dilakukan secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] **INTERATOM** GmbH, Electrical Safety Analysis Report of MPR-30
- [2] **ARNOLD**, In: Nondestructive Inspection and Quality Control, edited by Howard E.Boyer, (1976) 105-156
- [3] **ANNONYMOUS**, Kumpulan Diklat Penyegaran Operator dan Supervisor Reaktor, Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor Riset, BATAN, Oktober 2004
- [4] **TEGUH S**, dkk, Diagnosis Penuaan Komponen Panel Busbar Utama II Sistem Kelistrikan RSG-GAS Dengan Menggunakan *Infrared Thermography*, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, Yogyakarta, 10 Juli 2007, PTAPB-BATAN, 2007
- [5] **TEGUH S**, dkk, Diagnosis Kondisi Panel BHA/BHB/BHC Sistem Kelistrikan RSG-GAS Menggunakan *Infrared Thermography*, SIGMA EPSILON Majalah Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir, ISSN : 0853-9103, Vol. 11, No. 2, Hal. 1-39, Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir, Mei 2007
- [6] **M. DHANDANG P**, Pendekatan Untuk Manajemen Penuaan RSG-GAS, SIGMA EPSILON Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir, Vol. 8 No. 3 Agustus 2004
- [7] **R. HIMAWAN**, Diagnosis Penuaan Komponen PLTN, SIGMA EPSILON Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir, Vol. 8 No. 3 Agustus 2004