

**EVALUASI UNJUK KERJA MV-SWITCHGEAR
PADA SISTEM KELISTRIKAN RSG-GAS
SETELAH DILAKUKAN REFUNGSIONALISASI**

T. Sulsisty, T. Komarudin, Kiswanto, dan Y. Andriyanto

ABSTRAK

EVALUASI UNJUK KERJA MV-SWITCHGEAR PADA SISTEM KELISTRIKAN RSG-GAS SETELAH DILAKUKAN REFUNGSIONALISASI. *Switchgear* merupakan peralatan hubung yang berfungsi memutuskan atau menghubungkan sumber catu daya utama PLN dengan beban sistem distribusi gedung RSG-GAS. Sistem ini dilengkapi dengan peralatan Pemutus Tenaga (PMT) dan Pemisah (PMS) yang bertujuan mengisolasi, mengontrol dan memproteksi peralatan dan sistem kelistrikan RSG-GAS. Metoda evaluasi yang digunakan yaitu dengan cara mengamati kondisi tegangan nominal, arus nominal, unjuk kerja *switchgear* baik dalam kondisi normal, perawatan maupun kondisi gangguan serta menghitung perubahan temperatur akibat busur api listrik. Berdasarkan hasil perhitungan, untuk arus rata-rata 800 A, temperatur kamar 24 °C, tegangan 24 kV, waktu pemutusan arus hubung singkat 3 detik, diperoleh temperatur sebesar 90,5 °C (T1), dan pada temperatur kamar 40 °C diperoleh temperatur sebesar 108,5 °C (T2), sehingga kenaikan temperatur rata-rata sebesar 4,63 °C. Sedangkan untuk arus rata-rata 1250 A, temperatur kamar 24 °C, tegangan 24 kV, waktu pemutusan arus hubung singkat 3 detik, diperoleh temperatur sebesar 282 °C (T1), dan pada temperatur kamar 40 °C diperoleh temperatur sebesar 298 °C (T2), sehingga kenaikan temperatur rata-rata sebesar 4,0 °C. Hasil evaluasi unjuk kerja yang dilakukan menunjukkan bahwa *switchgear* pada sistem kelistrikan RSG-GAS setelah dilakukan refungsionalisasi berfungsi baik.

Kata kunci: *switchgear*

ABSTRACT

MV-SWITCHGEAR PERFORMANCE EVALUATION OF ELECTRICAL SYSTEM AT RSG-GAS AFTER BY REFUNCTIONING. *Switchgear* represents equipments link functioning to decide or connect source ration especial energy of PLN with building RSG-GAS distribution system burden. This system is provided with equipments circuit breaker (PMT) and disconnecting switch (PMS), which aim to the insulation, controlling, and memproteksi system kelistrikan RSG-GAS and equipments. Evaluation Method used by that is by perceiving nominal tension condition, nominal current, unjuk work normal good *switchgear* in a condition, treatment and also trouble condition and also calculate change temperature effect of electrics fire bow. Pursuant to calculation result, for the mean current 800 A, room; chamber temperature 24 °C, tension 24 kV, current disconnection time link to shorten 3 second, obtained temperature of equal to 90,5 °C (T1), and room temperature 40 °C obtained by temperature equal to 108,5 °C (T2), so that of average temperature equal to 4,63 °C. While for the mean current 1250 A, room temperature 24 °C, tension 24 kV, current

disconnection time link to shorten 3 second, obtained temperature equal to 282 °C (T1), and room temperature 40 °C obtained temperature equal to 298 °C (T2), so that average temperature equal to 4,0 °C. Result of evaluation job indicates that switchgear of elektrical system RSG-GAS after refunctioning function goodness.

Keyword: switchgear

I. PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan gedung RSG-GAS merupakan salah satu sistem bantu yang sangat penting untuk mendukung kegiatan operasi reaktor, sehingga kesuksesan operasi reaktor sangat dipengaruhi oleh kehandalan daripada sistem kelistrikannya. Untuk mencegah terjadinya kegagalan serta mempertahankan kestabilan sistem baik dalam kondisi normal maupun kondisi gangguan sehingga kontinuitas pelayanan dapat dipertahankan maka telah dilakukan kegiatan refungsionalisasi pada beberapa sub sistem switchgear yang mencakup peralatan Pemutus Tenaga (PMT) dan Pemisah (PMS) serta sistem proteksi lainnya. Kegiatan refungsionalisasi ini dilakukan mengingat peralatan *switchgear* tipe lama telah dioperasikan selama lebih dari 20 tahun dan dari hasil evaluasi pada beberapa sub sistem peralatan *switchgear* telah menunjukkan tanda-tanda penurunan kinerja, misalnya sistem pengoperasian yang dilakukan dengan cara engkol sering mengalami kemacetan sehingga dalam kondisi sistem kelistrikan RSG-GAS mengalami gangguan suplai catu daya listrik tidak dapat diputuskan oleh peralatan *switchgear*.

Metoda evaluasi yang digunakan yaitu dengan cara mengamati tegangan nominal, arus nominal, arus hubung singkat dan unjuk kerja *switchgear* pada kondisi normal, perawatan, kondisi mengalami gangguan dan perhitungan temperatur yang dibangkitkan akibat terjadinya busur api listrik pada *switchgear*. Kegiatan evaluasi dilakukan berdasarkan data hasil unjuk kerja *switchgear* setelah dilakukan refungsionalisasi serta memperoleh bentuk *flowchart* untuk mengatasi gangguan baik dalam kondisi gangguan maupun perawatan.

II. TEORI DASAR

Switchgear adalah peralatan tegangan tinggi yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan sumber catu daya utama PLN dengan sistem distribusi gedung RSG-GAS. Sistem ini dilengkapi dengan peralatan PMT dan PMS. Jenis PMT yang digunakan adalah jenis tiga kutub, dimana setiap kutub terdiri dari satu atau lebih ruang pemutus dan ruang pemadam busur api, serta dilengkapi dengan media pemadaman busur api listrik jenis udara dan gas (SF₆). Ruang pemutus dipasang pada

isolator penyangga dan pada tiap tabung ruang pemutusan terdapat satu unit kontak tetap dan kontak bebas. Kontak bebas digerakan oleh batang penghubung melalui mekanisme penggerak (*operating mechanism*) pemutus tenaga yang memberikan energi yang dibutuhkan untuk membuka dan menutup kontak-kontak dari pemutus tenaga. Busur api listrik timbul pada saat PMT memutuskan atau menghubungkan beban.

Dalam kondisi normal dan perawatan, kontak-kontaknya dapat dibuka atau ditutup, sedangkan dalam keadaan mengalami gangguan, rele akan mendeteksi dan menggerakkan rangkaian kumparan penjatuh (*trip coil*) dari pemutus tenaga, sehingga pemutus tenaga akan terbuka secara otomatis. Pemutus tenaga mempunyai dua jenis kerja yang handal kerja yaitu membuka dan menutup. Membuka dan menutupnya kontak-kontak PMT dan PMS dapat dilakukan secara mekanik dan akan memisahkan saluran transmisi tegangan menengah dengan peralatan yang terdapat pada sistem kelistrikan RSG-GAS tersebut.

II.1. Pemutus tenaga (PMT)

Peralatan PMT yang terdapat pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS berfungsi sebagai berikut:

- 1) Isolasi, yaitu untuk memisahkan instalasi atau bagian-bagiannya dari sumber pasokan catu daya listrik untuk tujuan keamanan pada saat perawatan atau pengerjaan konduktor,
- 2) Kendali yaitu peralatan yang berfungsi untuk membuka dan menutup rangkaian dalam kondisi operasi normal untuk tujuan operasi dan perawatan,
- 3) Proteksi yaitu untuk pengamanan kabel, peralatan listrik dan manusia terhadap kondisi gangguan seperti beban lebih, hubung singkat dan gangguan tanah, dengan memutuskan arus gangguan dan mengisolasi gangguan yang terjadi.

Pemilihan jenis PMT yang akan digunakan pada sistem kelistrikan RSG-GAS harus memperhatikan dua faktor yaitu arus beban (I_s) dan arus hubung singkat tiga fasa (I_{sc}) pada pangkal sistem rangkaiannya atau dengan kata lain pemilihan jenis PMT dapat dilakukan melalui cara membandingkan penyetelan kapasitas arus dengan arus

beban, dan kapasitas pemutusan arus hubung singkat (Icu) dengan arus hubung singkat tiga fasa (Isc).

II.2. Pemisah (PMS)

Pada sistem kelistrikan RSG-GAS peralatan PMS merupakan saklar pemisah tegangan tinggi yang digunakan sebagai peralatan isolasi dan kendali pada jaringan listrik RSG-GAS yang berfungsi sebagai¹⁾:

1) Coupler

Pada sistem kelistrikan RSG-GAS yang dicatu dari dua sumber penyedia energi listrik, apabila suplai daya dari sumber utama gagal atau mengalami gangguan, saklar yang difungsikan sebagai *coupler* memungkinkan menyambungkan ke sumber lain, yaitu sumber penyedia daya darurat atau cadangan untuk mensuplai daya pada beban-beban penting sehingga kontinuitas pelayanan daya listrik tidak terputus.

2) Saklar Utama

Fungsi ini biasanya pada posisi panel sekunder (sub distribusi), yang dilengkapi dengan peralatan proteksi disisi atasnya (*upstream*) sehingga saklar utama dapat mengisolasi rangkaian.

3) Rangkaian pengendali motor

Bila saklar pemisah dipasang pada sisi atas dari rangkaian motor, dimungkinkan saklar mengisolasi motor secara lokal atau dari jarak jauh.

Peralatan PMS yang digunakan pada sistem kelistrikan RSG-GAS berfungsi pula sebagai peralatan proteksi terhadap arus bocor bumi, kendali jarak jauh untuk mekanisme motor, dan trip jarak jauh dengan arus pengenal mulai 800 A sampai dengan 1250 A.

II.3. Kemampuan arus PMT

Kemampuan arus PMT yang digunakan pada *switchgear* sistem kelistrikan gedung RSG-GAS, harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut²⁾:

- 1) Mempunyai kemampuan pemutus arus (*interrupting duty*) terhadap arus hubung singkat simetri tertinggi tanpa menimbulkan kerusakan pada kontak PMT.

- 2) Mempunyai kemampuan pemutus arus sesaat (*momentary duty*) terhadap arus hubung singkat asimetri tertinggi tanpa menimbulkan kerusakan pada kontak PMT.

Untuk menghitung besarnya kemampuan PMT dapat dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu harga efektif arus hubung singkat simetri (I''_{hs}) dan asimetri (I'''_{hs}).

Untuk menghitung kemampuan arus sesaat menggunakan persamaan^[3]:

$$I_m = 1,6 \times I''_{hs} \quad \dots\dots\dots (1)$$

dengan I_m adalah kemampuan arus sesaat, I''_{hs} adalah arus hubung singkat.

Untuk menghitung kapasitas daya sesaat pemutus tenaga menggunakan persamaan^[3]

$$S_m = \sqrt{3} S_{pf} \times I_m \quad \dots\dots\dots (2)$$

dengan S_m adalah kemampuan daya sesaat pemutus tenaga, V_{pf} adalah tegangan fasa ke fasa sistem sebelum terhubung singkat.

Untuk menghitung harga maksimum kemampuan pemutus tenaga menggunakan persamaan^[3]

$$I_{maks} = k \cdot I_{hsn} \quad \dots\dots\dots (3)$$

dengan I_{maks} adalah harga maksimum kemampuan pemutusan arus pemutus tenaga, k adalah faktor pengali dan I_{hsn} kemampuan pemutusan arus. Faktor k untuk berbagai jenis pemutus tenaga seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor “k” untuk berbagai pemutus tenaga^[3]

Jenis pemutus tenaga	Periode waktu pembukaan (cycle)	Faktor k
Umum	8	1,0
	5	1,1
	3	1,2
	2	1,4
Pemutus tenaga yang dipasang diterminal generator dimana tingkat hubung singkat > 500 MVA	8	1,1
	5	1,2
	3	1,3

	2	1,5
Pemutus Tenaga Udara ≤ 600 V		1,25

Untuk menghitung besarnya suhu yang dibangkitkan menggunakan persamaan:

[3]

$$Q = V \cdot I \cdot t \dots\dots\dots(4)$$

dengan Q adalah energi termis/panas (joule/sec atau kkal), V adalah tegangan (volt), I adalah arus (ampere) dan t adalah waktu (detik). Karena 1 joule = $239 \cdot 10^{-6}$ kkal atau setara dengan 0,24 kal, maka:

$$Q = 0,24 V \cdot I \cdot t \dots\dots\dots(5)$$

Besarnya panas spesifik yang dihasilkan yaitu:

$$c_p = \frac{Q}{m \Delta T} \dots\dots\dots(6)$$

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots(7)$$

dengan m adalah massa *switching* (kg), jika $\Delta T = T_2 - T_1$, maka:

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1) \dots\dots\dots(8)$$

sehingga besarnya temperatur yang dibangkitkan pada saat terjadi hubung singkat, yaitu:

$$T_2 = \frac{Q}{m \cdot c_p} + T_1 \text{ (}^\circ\text{C)} \dots\dots\dots(9)$$

dengan T_1 adalah temperatur kamar ($^\circ\text{C}$), T_2 adalah temperatur yang dibangkitkan ($^\circ\text{C}$)

II.4 Data spesifikasi switchgear

Data spesifikasi *switchgear* yang digunakan pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS mengacu kepada IEC Publ. 298 dan 694, DIN VDE, part 1000, NBD 610, NFC 64400, ANSI C37.20.2-1987. Pada Tabel 2 ditunjukkan data spesifikasi *switchgear* dan pada Tabel 3 ditunjukkan perbedaan *switchgear* lama dengan yang baru.

Tabel 2. Data spesifikasi switchgear di RSG-GAS^[3]

Uraian	Satuan
Tegangan nominal	24 kV

Tegangan rata-rata	24 kV
Frekuensi daya rata-rata menahan tegangan	50 kV
Tegangan impuls <i>lightning</i> rata-rata	125 kV
Arus pemutusan hubungan singkat	25 kA
Arus nominal	800 A – 1250 A

Tabel 3. Perbedaan switchgear lama dengan yang baru

Uraian	Switchgear Tipe Lama	Switchgear Tipe Baru
Tipe	Tipe Pemutus Tenaga dengan semburan gas SF6 (Sulphur Hexa Flouride)	Tipe Pemutus Tenaga dengan semburan gas SF6 (Sulphur Hexa Flouride)
Sistem pengoperasian	Engkol dan sakelar manual	Tombol push-button otomatis
Meteran	Analog	Digital

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Refungsionalisasi pada peralatan *switchgear* mencakup panel, busbar, peralatan PMT, PMS serta sistem proteksinya. Refungsionalisasi ini tidak mengubah kapasitas maupun jalur distribusi ke transformator BHT. Alasan dilakukannya refungsionalisasi ini adalah mengingat peralatan *switchgear* tipe lama telah dioperasikan lebih dari 20 tahun dan diperkirakan tekanan gas SF6 sudah mulai berkurang. Berdasarkan hasil evaluasi perawatan rutin, beberapa bagian pada peralatan *switchgear* menunjukkan adanya indikasi gangguan misalnya pada sistem pengoperasian PMT terutama pada sistem mekaniknya yaitu sistem engkol pada peralatan PMT sering mengalami kemacetan atau tidak dapat dioperasikan. Indikasi gangguan ini apabila tidak segera diatasi akan berdampak pada penurunan kemampuan *switchgear* dalam mengatasi gangguan listrik misalnya gangguan berupa hubung singkat pada sistem kelistrikan RSG-GAS maka semburan gas SF6 tidak dapat memadamkan busur api listrik dan arus gangguan hubung singkat tidak dapat diputuskan oleh PMT sehingga sistem kelistrikan RSG-GAS secara keseluruhan akan mengalami gangguan.

Berdasarkan hasil *Routine Test Report MV-Switchgear type 8BJ20* yang saat ini digunakan pada sistem kelistrikan RSG-GAS memiliki beberapa kelebihan dari *MV-Switchgear type* sebelumnya. Hasil *Routine Test Report MV-Switchgear type 8BJ20* seperti ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Data teknis hasil uji fungsi

Jenis Pengujian	Hasil	Keterangan
Tegangan rata-rata	24 kV	
Arus rata-rata bus utama	800 A	220 VAC for heater
Ukuran bus utama	1 cu x 80 x 10	48 VDC for CB control circuit
I_{SC} / t_k	16 kA / 3 sec	
Derajat tingkat perlindungan	IP 3 x D	

Tabel 5. Data teknis hasil uji fungsi

Jenis Pengujian	Hasil	Keterangan
Tegangan rata-rata	24 kV	
Arus rata-rata bus utama	1250 A	220 VAC for heater
Ukuran bus utama	1 cu x 80 x 10	48 VDC for CB control circuit
I_{SC} / t_k	16 kA / 3 sec	
Derajat tingkat perlindungan	IP 4 x D	

Sehingga berdasarkan hasil perhitungan diperoleh:

- 1) Perhitungan kemampuan arus sesaat (I_m) pemutus tenaga sebesar 25,6 kA.
- 2) Kapasitas daya sesaat pemutus tenaga (S_m) sebesar 16.849 kVA.
- 3) Harga maksimum kemampuan pemutus tenaga (I_{maks}) sebesar 19,2 kA

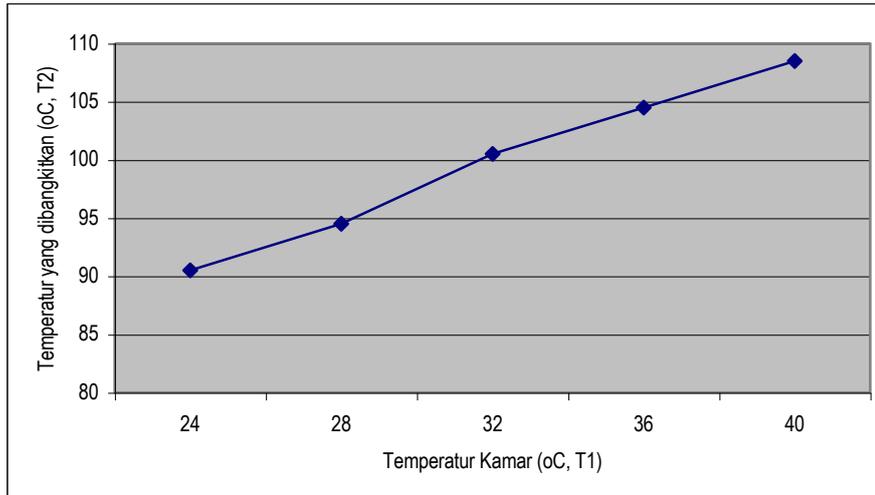
Temperatur yang dibangkitkan ketika terjadi hubung singkat pada arus rata-rata sebesar 800 A ditunjukkan pada Tabel 6 dan temperatur yang dibangkitkan ketika terjadi hubung singkat pada arus rata-rata 1250 A ditunjukkan pada Tabel 7.

Hasil perhitungan besarnya temperatur yang dibangkitkan ketika terjadi hubung singkat pada arus rata-rata sebesar 800 A dan 1250 A seperti ditunjukkan pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Temperatur yang dibangkitkan pada temperatur kamar bervariasi

untuk arus rata-rata 800 A

No.	Tegangan (kV)	Arus busbar (A)	Waktu pemutusan arus hubung singkat (detik)	Temperatur Kamar ($^{\circ}\text{C}$, T_1)	Temperatur yang dibangkitkan ($^{\circ}\text{C}$, T_2)
1	24	800	3	24	90,5
2	24	800	3	28	94,5
3	24	800	3	32	100,5
4	24	800	3	36	104,5
5	24	800	3	40	108,5



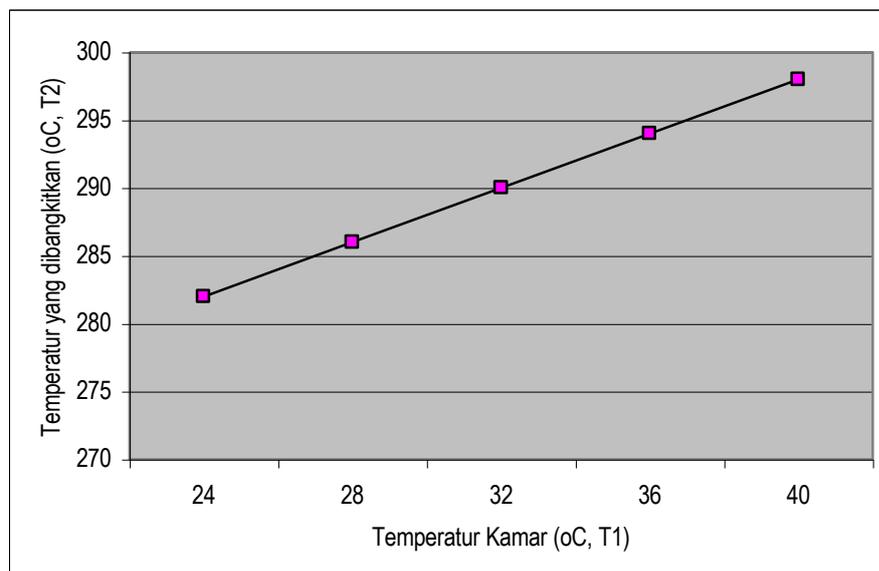
Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa jika terjadi gangguan hubung singkat pada tegangan rata-rata 24 kV, arus rata-rata bus utama 800 A maka arus hubung singkat akan mengalami peningkatan yang cukup besar. Besarnya arus hubung singkat per sebesar 16 kA dapat dipadamkan dalam waktu 3 detik. Pemadaman busur api listrik dilakukan dengan menggunakan media semburan gas SF₆ sedangkan arus hubung singkat diputuskan oleh PMT yang memiliki derajat tingkat perlindungan IP 3 xD. Gas SF₆ ini mempunyai sifat isolasi dan pendingin yang baik dibandingkan dengan PMT menggunakan media minyak. Sehingga grafik peningkatan temperatur untuk arus rata-rata 800 A ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 7. Temperatur yang dibangkitkan pada temperatur kamar bervariasi untuk arus rata-rata 1250 A

No.	Tegangan	Arus	Waktu pemutusan	Temperatur	Temperatur yang
-----	----------	------	-----------------	------------	-----------------

	(kV)	busbar (A)	Arus hubung singkat (detik, t)	Kamar (°C, T ₁)	dibangkitkan (°C, T ₂)
1	24	1250	3	24	282
2	24	1250	3	28	286
3	24	1250	3	32	290
4	24	1250	3	36	294
5	24	1250	3	40	298

Sedangkan pada Tabel 7 menunjukkan, bahwa jika terjadi gangguan hubung singkat pada tegangan rata-rata 24 kV, arus rata-rata bus utama 1250 A maka arus hubung singkat akan mengalami peningkatan yang besar. Besarnya arus hubung singkat per sebesar 16 kA dapat dipadamkan dalam waktu 3 detik. Pemadaman busur api listrik dilakukan dengan menggunakan media semburan gas SF₆ sedangkan arus hubung singkat diputuskan oleh PMT yang memiliki derajat tingkat perlindungan IP 4xD. Gas SF₆ ini mempunyai sifat isolasi dan pendingin yang baik dibandingkan dengan PMT menggunakan media minyak. Sehingga grafik peningkatan temperatur untuk arus rata-rata 800 A ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik peningkatan temperatur untuk arus rata-rata 1250 A

III.1. Mekanisme pengoperasian PMT

Pemutus tenaga dan pemisah dalam beroperasinya tidak bekerja sendiri-sendiri, baik dalam kondisi normal maupun kondisi gangguan karena peralatan tersebut dilengkapi dengan peralatan proteksi yaitu rele, yang berfungsi mendeteksi suatu kondisi ketidaknormalan pada peralatan dan sistem kelistrikan RSG-GAS. Mekanisme penutupan dan pembukaan PMT memerlukan gerakan mekanis yang cepat dan tepat. Untuk mendapatkan gerakan yang cepat dan tepat diperlukan suatu mekanisme penggerak berdasarkan media yang digunakan misalnya energi pegas, udara tekan (gas) dan tekanan minyak.

Pemutus tenaga yang digunakan pada sistem kelistrikan RSG-GAS merupakan pemutus tenaga tiga fasa dengan pemutus tiga kutub. Setiap kutub terdiri dari satu atau lebih ruang pemutus dan ruang pemadam busur api. Ruang pemutus dipasang pada isolator penyangga dan pada tiap tabung ruang pemutusan tersebut terdapat satu unit kontak tetap dan kontak bebas. Kontak bebas digerakan oleh batang penghubung melalui penggerak mekanis (*operating mechanism*). Busur api listrik timbul pada waktu pemutus tenaga memutus atau menghubungkan beban. Media yang digunakan untuk memadamkan busur api adalah media Gas SF₆ (*Sulphur Hexafluoride Breaker*).

Dalam keadaan normal kontak-kontaknya harus dapat dibuka dan ditutup. Hal ini sangat berguna pada kondisi perbaikan dan pemeliharaan. Sedangkan dalam keadaan gangguan, rele akan mendeteksi dan menggerakkan rangkaian koil penjatuh (*trip coil*) dari pemutus tenaga, sehingga pemutus tenaga akan terbuka secara otomatis. Jadi secara umum, pemutus tenaga memiliki dua keandalan kerja yaitu membuka dan menutup baik secara mekanis maupun elektrik.

Saklar pemisah digunakan untuk menyatakan secara visual bahwa suatu peralatan listrik telah bebas dari tegangan kerja, sehingga saklar pemisah tidak diijinkan untuk dimasukkan atau dikeluarkan pada rangkaian listrik dalam keadaan berbeban. Jadi saklar pemisah adalah peralatan yang dapat memutus dan menutup rangkaian yang arusnya rendah (± 5 amper) atau pada rangkaian dimana pada saat saklar terbuka tidak

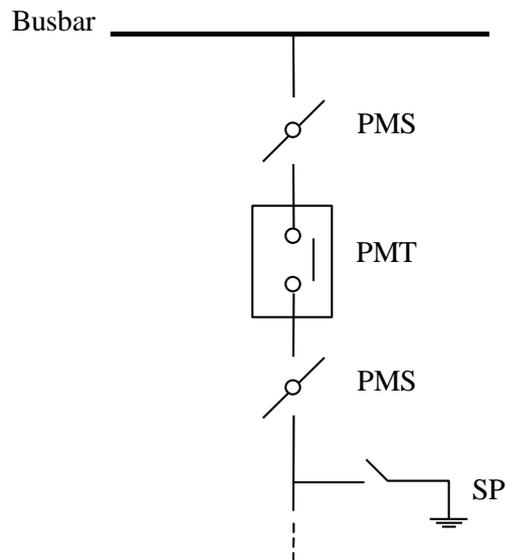
terjadi perbedaan tegangan yang besar pada kutub saklarnya. Jenis saklar pemisah yang digunakan pada *switchgear* sistem kelistrikan gedung RSG-GAS adalah jenis saklar pemisah bus.

Untuk menghindari adanya kesalahan operasi saklar pemisah dilengkapi dengan sistem interlok. Sistem ini berfungsi untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan sistem lainnya. Sistem interlok yang terpasang tersebut terdapat antara saklar pemisah dengan pemutus tenaga, dan antara saklar pemisah dengan saklar pembumian. Pengoperasian sistem interlok tersebut dapat dilakukan secara mekanis maupun elektrik.

Sistem *interlock* yang dimaksud, yaitu :

- 1) Saklar pemisah (PMS) tidak dapat ditutup sebelum pemutus tenaga (PMT) terkunci pada posisi terbuka,
- 2) Saklar pembumian (SP) dapat ditutup hanya pada saat saklar pemisah (PMS) terkunci pada posisi terbuka dan tidak ada busur api listrik,
- 3) Saklar pemisah (PMS) dapat ditutup hanya saat pemutus tenaga (PMT) dan saklar pembumian (SP) dalam keadaan terbuka,
- 4) Pemutus tenaga (PMT) hanya dapat ditutup setelah semua saklar pemisah (PMS) terkunci dalam posisi tertutup atau dalam posisi terbuka.

Skema penempatan rangkaian PMT dan PMS pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram rangkaian PMT dan PMS pada Sistem Kelistrikan RSG-GAS

III.2. Prosedur pengoperasian switchgear dalam kondisi gangguan

Manuver pengoperasian *switchgear* pada kondisi gangguan harus mengikuti prosedur yang berlaku di RSG-GAS. Prosedur operasi *switchgear* dalam kondisi gangguan merupakan tahapan-tahapan yang harus dilakukan oleh petugas perawat dalam mengatasi gangguan yang terjadi. Jenis-jenis gangguan yang terjadi meliputi gangguan eksternal dan internal. Gangguan eksternal umumnya terjadi dari luar sistem misalnya tegangan pemasok gardu induk (GI) hilang, sedangkan gangguan internal terjadi dari dalam sistem misalnya PMT trip.

Untuk mengetahui satu jenis gangguan dengan jenis gangguan lainnya, indikasi gangguan ditampilkan pada panel kontrol di Ruang Kendali Utama (RKU) maupun di panel lokal yang terdapat pada lokasi peralatan. Jenis-jenis gangguan yang dapat ditunjukkan pada panel lokal seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Jenis gangguan dan indikasinya

No.	Jenis gangguan	Indikasi gangguan
1	Gangguan eksternal	
	a) Tegangan tinggi pemasok GI Serpong hilang total	Lampu/peralatan AC 220/380 V padam, lampu darurat menyala dan lampu indikator sumber penyedia daya darurat menyala pada posisi ON Buzzer panel kontrol berbunyi Parameter pengukur (kV/A/MW) menunjuk nol Lampu indikator suplai catu daya utama PLN di panel tegak di RKU menyala pada posisi OFF

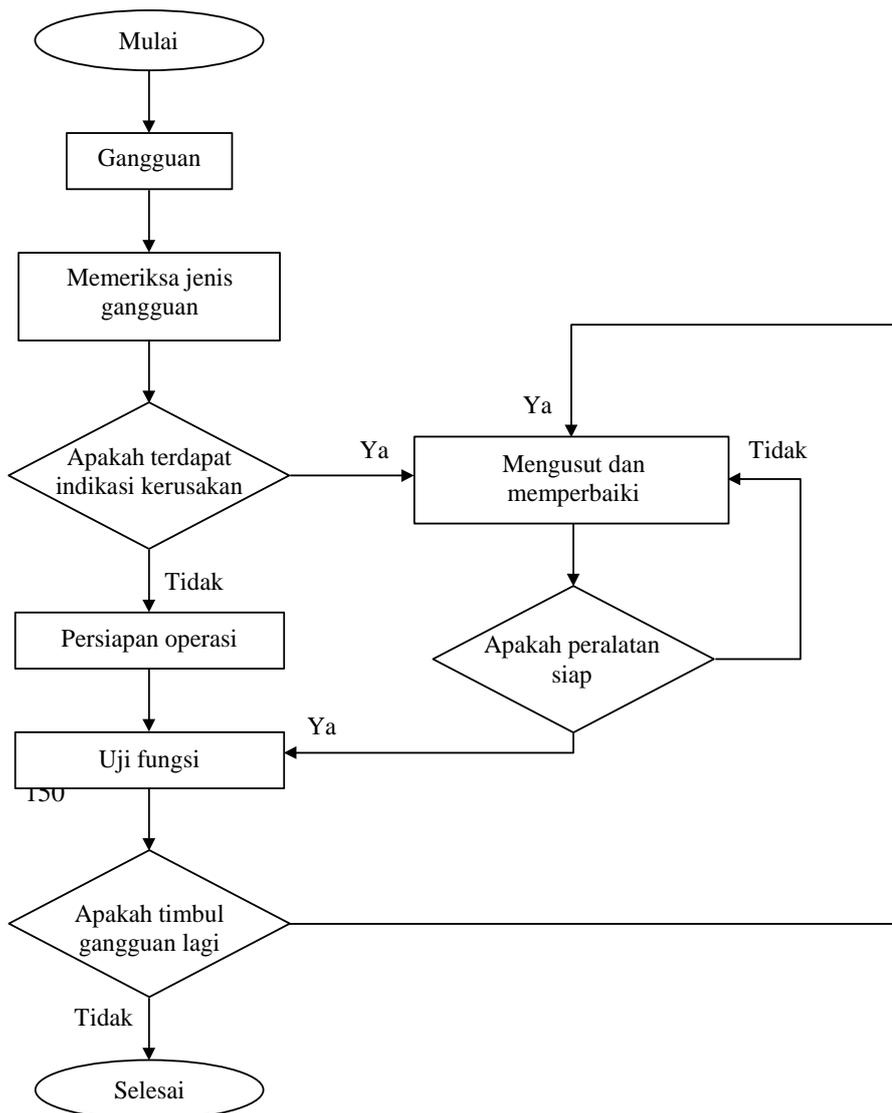
	b) Tegangan tinggi dari salah satu penghantar pemasok hilang (nol)	Lampu/peralatan AC 220/380 V padam, lampu darurat menyala dan lampu indikator suplai catu daya utama PLN di panel tegak di RKU menyala pada posisi OFF
		Buzzer panel kontrol berbunyi
		Parameter pengukur (kV/A/MW) menunjuk nol
	c) Satu atau beberapa PMT trip	Buzzer panel kontrol berbunyi
		Parameter pengukur (kV/A/MW) menunjuk nol
		Lampu indikator suplai catu daya utama PLN di panel tegak di RKU menyala pada posisi OFF dan rele bekerja

Tabel 8. Jenis gangguan dan indikasinya (lanjutan)

2	Gangguan internal	
	1. Tekanan SF6 pada PMT rendah	Buzzer panel kontrol berbunyi dan PMT trip
		Annunciator muncul : SF6 <i>low pressure trip</i>
	2. Tekanan udara (<i>compressor</i>) pada PMT rendah	Buzzer panel kontrol berbunyi dan PMT trip
		Annunciator muncul : SF6 <i>low pressure</i>
	3. Internal trafo	
	- Isi minyak trafo kurang - Temperatur rendah - Temperatur tinggi - Isolasi kumparan kurang baik - Isolasi kumparan rusak - Sistem pendingin tidak normal	Buzzer panel kontrol berbunyi
		Annunciator muncul : minyak kurang atau buchale alarm
		Annunciator muncul : suhu alarm, PMT trip dan Bucholzd alarm
		Annunciator muncul : Bucholzd trip
		PMT trip
4. Sumber DC hilang	Annunciator muncul : <i>cooler fault</i>	
	Buzzer panel kontrol berbunyi	
	Annunciator muncul : DC fault	
	Parameter pengukur tegangan menunjuk nol	

	5. Sumber AC hilang	Buzzer panel kontrol berbunyi,
		Annunciator muncul : AC fault
		Parameter pengukur tegangan menunjuk nol dan lampu penerangan padam

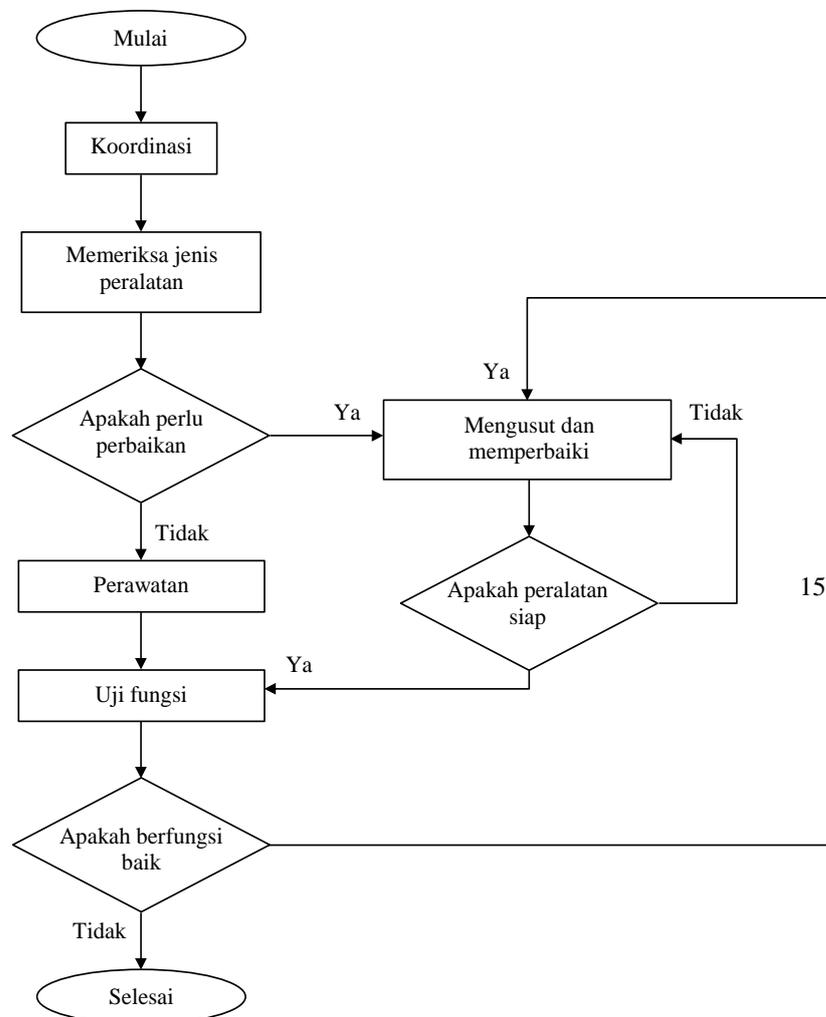
Pada Gambar 4 ditunjukkan diagram alir untuk mengatasi kondisi gangguan. Ketika terjadi gangguan, indikasi gangguan akan terlihat pada panel utama sistem kelistrikan RSG-GAS yang terdapat di RKU. Indikasi ini ditunjukkan dengan menyalnya lampu indikator panel utama tersebut. Untuk mengetahui jenis gangguan, peralatan dan sistem yang mengalami gangguan, maka petugas perawat harus mendatangi panel lokal. Bila pada panel lokal ditemukan adanya gangguan maka tindakan selanjutnya adalah mengusut gangguan dan memperbaiki peralatan yang mengalami. Selanjutnya dilakukan perbaikan pada peralatan dan sistem yang mengalami gangguan. Uji fungsi peralatan dan sistem dilakukan setelah tindakan perbaikan selesai. Seluruh kegiatan tersebut dilaporkan secara tertulis dan disampaikan kepada supervisor serta diarsipkan pada Sub Bidang Elektrik P2TRR.



Gambar 4. Diagram alir mengatasi gangguan

III.3. Prosedur perawatan dan perbaikan peralatan switchgear

Untuk mengoptimalkan penggunaan peralatan switchgear maka dibutuhkan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang baik sesuai dengan prosedur. Langkah awal kegiatan pemeliharaan adalah melaksanakan koordinasi antara rencana kegiatan pemeliharaan dengan pengaturan operasi guna menentukan jadwal pelaksanaan pemeliharaan maupun pelaksanaan manuver pembebasan peralatan sebelum pelaksanaan pemeliharaan.



Pada Gambar 5, ditunjukkan diagram alir kegiatan perawatan dan perbaikan. Kegiatan perawatan dan perbaikan dilakukan pada kondisi peralatan dan sistem tidak mengalami gangguan. Prosedur perawatan dan perbaikan dilakukan sesuai dengan skedul perawatan berdasarkan waktu yang telah dibuat oleh Sub Bidang Elektrik yang distandarisasikan. Skedul perawatan terdiri dari mingguan, tiga bulanan, enam bulan dan tahunan. Uji fungsi peralatan dan sistem dilakukan setelah tindakan perawatan dan perbaikan selesai dilaksanakan. Seluruh kegiatan tersebut dilaporkan secara tertulis dan disampaikan kepada supervisor serta diarsipkan pada Sub Bidang Elektrik P2TRR.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, untuk arus rata-rata 800 A, temperatur kamar 24 °C, tegangan 24 kV, waktu pemutusan arus hubung singkat 3 detik, diperoleh temperatur sebesar 90,5 °C (T1), dan pada temperatur kamar 40 °C diperoleh temperatur sebesar 108,5 °C (T2), sehingga kenaikan temperatur rata-rata sebesar 4,63 °C. Sedangkan untuk arus rata-rata 1250 A, temperatur kamar 24 °C, tegangan 24 kV, waktu pemutusan arus hubung singkat 3 detik, diperoleh temperatur sebesar 282 °C

(T1), dan pada temperatur kamar 40 °C diperoleh temperatur sebesar 298 °C (T2), sehingga kenaikan temperatur rata-rata sebesar 4,0 °C.

Hasil evaluasi unjuk kerja yang dilakukan menunjukkan bahwa switchgear pada sistem kelistrikan RSG-GAS setelah dilakukan refungsionalisasi berfungsi baik.

V. DAFTAR PUSTAKA

- 1) ANONIMOUS, INTERATOM 1986, MPR 30 Electrical Power Supply Summary, System Description,
- 2) BONGGAS L. TOBING, Peralatan Tegangan Tinggi, Gramedia, Jakarta, 2003,
- 3) ANONIMOUS, SIEMENS 2004, Test Certificated, PT Siemens Indonesia, Pulo Mas Factory,
- 4) ANONIMOUS, FLUOKIT M24 1994, Panel Perlengkapan Hubung Bagi yang dapat dikembangkan, UNINDO,
- 5) YAN BONY MARSAHALA, YAYAN ANDRIYANTO, Kondisi Terkini Sistem Kelistrikan RSG-GAS, Laporan Teknis, TRR.SR 25.01.51.05,
- 6) YAN BONY MARSAHALA, Sistem Kelistrikan RSG-GAS, Bah an Diklat Perawatan Operator dan Supervisor, 2001,
- 7) DJITENG MARSUDI, Pembangkit Energi Listrik, PT. Jalamas Berkatama-STT YPLN, 2003,
- 8) TATANG KOMARUDIN, Analisa unjuk kerja switchgear pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS, Tugas Akhir, STTN Yogyakarta, 1005.