

## EVALUASI UNJUK KERJA SWITCHGEAR PADA SISTEM KELISTRIKAN RSG-GAS

Teguh Sulisty, Kiswanto, Yuyut Suraniyanto, M. Taufik

### ABSTRAK

**EVALUASI UNJUK KERJA SWITCHGEAR PADA SISTEM KELISTRIKAN RSG-GAS.** *Switchgear* merupakan peralatan hubung yang berfungsi memutuskan atau menghubungkan sumber catu daya utama PLN dengan beban sistem distribusi gedung RSG-GAS. *Switchgear* 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, arus hubung singkat yang dibangkitkan rata-rata sebesar 16 kA dalam waktu 3 detik dapat dipadamkan oleh PMT dengan medium semburan gas SF<sub>6</sub>, dimana gas SF<sub>6</sub> ini mempunyai sifat isolasi dan pendingin yang baik. Hasil evaluasi unjuk kerja yang dilakukan menunjukkan bahwa switchgear pada sistem kelistrikan RSG-GAS setelah dilakukan refungsionalisasi berfungsi baik.

### ABSTRACT

**EVALUATION OF SWITCHGEAR PERFORMANCE FOR ELECTRICAL SYSTEM AT RSG-GAS.** *Switchgear* is an electrical connector equipment and to function as disconnecter and connector of PLN electric supply to the electrical distribution system in the RSG-GAS building. It is equipment with circuit breaker (PMT) and disconnecting switch (PMS), which aim to isolate, control and protect the electrical system and equipments of RSG-GAS. The evaluation methods of switchgear performance were done by monitoring of nominal voltage conditions, nominal currents and calculate the effect of temperature changes due to the electric arc. These activities were done in the normal and maintenance as well as interrupted. According to the calculation, the average current generated by short circuit was 16 kA and in the 3 seconds it can be switched off by PMT with SF<sub>6</sub> gas sprayed medium. This gas has high isolation and cooling properties. The result of evaluations shows that the switchgear performance for electrical system at RSG-GAS has a good function as specified.

### PENDAHULUAN

Peralatan penghubung (*switchgear*) yang terdapat pada sistem kelistrikan gedung Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy (RSG-GAS) merupakan salah satu sistem bantu yang memiliki peran dan fungsi penting untuk mendukung penyediaan energi listrik pada gedung RSG-GAS guna mendukung operasi reaktor sehingga kesuksesan operasi reaktor dipengaruhi oleh kehandalan dari pada peralatan sistem ini.

Untuk menghindari terjadinya kegagalan serta mempertahankan kestabilan unjuk kerja sistem peralatan *switchgear* baik dalam kondisi normal maupun kondisi gangguan sehingga kontinuitas pelayanan dapat dipertahankan maka perlu dilakukan evaluasi unjuk kerja *switchgear* sistem kelistrikan gedung RSG-GAS pada peralatan Pemutus Tenaga (PMT) dan Pemisah (PMS).

Untuk memudahkan pelaksanaan evaluasi unjuk kerja *switchgear*, telah disusun

tahapan-tahapan kegiatan meliputi pengamatan terhadap tegangan nominal, arus nominal, arus hubung singkat dan temperatur yang dibangkitkan akibat terjadinya busur api listrik yang diperoleh dari hasil unjuk kerja *switchgear* setelah dilakukan refungsionalisasi.

Dengan memahami hasil evaluasi unjuk kerja *switchgear* ini, diharapkan tindakan perawatan dan pencegahan kerusakan yang sesuai dengan metoda perawatan komponen-komponen utama *switchgear* yaitu PMT dan PMS serta pemahaman terhadap bahaya akibat kerusakan komponen tersebut dapat lebih dipahami dengan baik.

## TEORI

*Switchgear* adalah peralatan tegangan tinggi yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan sumber daya utama PLN dengan sistem distribusi gedung RSG-GAS. Sistem ini dilengkapi dengan peralatan PMT dan PMS. Jenis PMT yang digunakan adalah jenis 3 kutub, dimana setiap kutub terdiri dari satu atau lebih ruang pemutus dan ruang pemadaman busur api, serta dilengkapi dengan media pemadaman busur api listrik jenis udara dan gas (SF<sub>6</sub>). Ruang pemutus dipasang pada isolator penyangga dan pada tiap tabung pemutusan terdapat satu unit kontak tetap dan kontak bebas. Kontak bebas digerakkan oleh batang penghubung melalui mekanisme penggerak (*operating mechanism*) PMT yang memberikan energi yang dibutuhkan untuk membuka dan menutup kontak-kontak dari PMT. Busur api listrik timbul pada saat PMT memutuskan atau menghubungkan beban.<sup>[1]</sup>

### Pemutus Tenaga (PMT)

Peralatan PMT berfungsi sebagai :

1. Isolator, yaitu untuk memisahkan catu daya utama PLN dengan tujuan pengamanan pada saat perawatan dan perbaikan
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, arus lebih akibat hubung singkat dan gangguan tanah dengan cara memutuskan arus gangguan dan mengisolasi gangguan yang terjadi

Pemilihan jenis PMT yang akan digunakan pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS harus memperhatikan parameter arus beban ( $I_s$ ) dan arus hubung singkat 3 fasa ( $I_{sc}$ ) pada pangkal sistem rangkaiannya atau dengan kata lain pemilihan jenis PMT dapat dilakukan dengan cara membandingkan penyetalan kapasitas arus dengan arus beban dan kapasitas pemutusan arus hubung singkat ( $I_{su}$ ) dengan arus hubung singkat 3 fasa ( $I_{sc}$ ).

## **Pemisah (PMS)**

Peralatan PMS merupakan saklar pemisah tegangan tinggi yang digunakan sebagai peralatan isolasi dan kendali. PMS pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS berfungsi sebagai :<sup>[2]</sup>

### 1. *Coupler*

Pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS yang dicatu dari sumber penyedia daya listrik yaitu catu daya utama PLN dan penyedia daya darurat, apabila suplai catu daya utama PLN mengalami gangguan sehingga menimbulkan kondisi operasi darurat misalnya aliran listrik terputus, fluktuasi tegangan lebih besar dari 20 % dari tegangan nominal, putus aliran sesaat (kedip) dan fluktuasi frekuensi lebih besar dari 5 %, maka saklar yang difungsikan sebagai *coupler* memungkinkan untuk memindahkan sumber penyedia daya listrik ke sumber lainnya yaitu sumber penyedia daya darurat untuk mensuplai daya pada beban-beban penting sehingga kontinuitas pelayanan daya listrik tidak terputus

### 2. Saklar utama

Saklar yang terdapat pada panel distribusi (sub distribution) yang dilengkapi dengan peralatan proteksi pada bagian sisi atasnya (upstream) berfungsi sebagai saklar utama untuk dapat mengisolasi rangkaian

### 3. Rangkaian pengendali motor

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

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

## **Kemampuan arus**

Kemampuan arus pada *switchgear* harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

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

Kemampuan arus sesaat PMT dihitung dengan menggunakan persamaan :<sup>[2]</sup>

$$I_m = 1,6 \times I_{hs}'' \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

$I_m$  = kemampuan arus sesaat

$I_{hs}''$  = arus hubung singkat

Kapasitas daya sesaat PMT dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

dengan :

$S_m$  = kemampuan daya sesaat

$V_{pf}$  = tegangan fasa ke fasa sistem sebelum terhubung singkat

Harga maksimum kemampuan PMT dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

dengan :

$I_{maks}$  = harga maksimum kemampuan PMT

$k$  = faktor pengali

$I_{hsn}$  = kemampuan pemutusan arus

Tabel 1. Faktor k untuk berbagai periode waktu pembukaan PMT<sup>[2]</sup>

Jenis PMT	Periode waktu pembukaan (cycle)	Factor k
Umum	8	1,0
	5	1,1
	3	1,2
	2	1,4
PMT yang dipasang di terminal dengan tingkat hubung singkat > 500 MVA	8	1,1
	5	1,2
	3	1,3
	2	1,5
PMT udara ≤ 600 volt		1,25

Besarnya suhu yang dibangkitkan pada saat busur api listrik terjadi dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

dengan :

$Q$  = energi panas                                       $I$  = arus

$V$  = tegangan     $t$  = waktu

karena 1 joule =  $239 \cdot 10^{-6}$  kkal atau setara dengan 0,24 kal, maka :

$$Q = 0,24 \text{ V} \times I \times t \dots\dots\dots(5)$$

Besarnya panas spesifik yang dihasilkan yaitu :

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

$$Q = m \times cp \times \Delta T \dots\dots\dots(7)$$

dengan :

m = massa switching

$\Delta T = T_2 - T_1$

Maka :

$$Q = m \times cp \times (T_2 - T_1) \dots\dots\dots(8)$$

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

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

dengan :

T<sub>1</sub> = temperatur kamar

T<sub>2</sub> = temperatur yang dibangkitkan

**METODA EVALUASI**

Untuk melaksanakan evaluasi unjuk kerja switchgear pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS ini dilakukan dengan tahapan berikut :

1. Identifikasi komponen utama
2. Perhitungan kemampuan, kapasitas dan temperatur
3. Mempelajari prosedur pengoperasian dan perawatan *switchgear*

**Identifikasi komponen utama**

Pada kegiatan ini diperoleh data spesifikasi *switchgear* yang digunakan pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data spesifikasi switchgear<sup>[3]</sup>

Uraian	Spesifikasi
Tegangan nominal	24 kV
Tegangan rata-rata	24 kV
Arus nominal	800 A – 1250 A
Frekuensi daya rata-rata menahan tegangan	50 Hz
Tegangan impuls lightning rata-rata	125 kV

Arus pemutusan hubung singkat	25 kA
-------------------------------	-------

### Perhitungan kemampuan, kapasitas dan temperatur

Perhitungan kemampuan, kapasitas dan temperatur *switchgear* yang digunakan pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS menggunakan persamaan (9) dan hasil perhitungannya seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

### Mempelajari prosedur pengoperasian dan perawatan *switchgear*

Untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam pengoperasian maka prosedur pengoperasian dan perawatan *switchgear* harus dapat dipahami secara baik. Tahapan-tahapan pengoperasian dan perawatan harus dapat dilaksanakan dengan benar. Hal ini hanya dapat dilaksanakan dengan cara mempelajari dan memahami prosedur pengoperasian dan perawatan *switchgear* sistem kelistrikan gedung RSG-GAS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi unjuk kerja *switchgear* pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS meliputi evaluasi unjuk kerja peralatan PMT, PMS, mekanisme pengoperasian dan perawatannya.

Berdasarkan hasil perhitungan kemampuan, kapasitas dan temperatur pada PMT, diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan kemampuan, kapasitas dan temperatur pada PMT

No	Uraian	Hasil
1	Kemampuan arus sesaat ( $I_m$ )	25,6 kA
2	Kapasitas daya sesaat ( $S_m$ )	16.849 kVA
3	Harga maksimum kemampuan ( $I_{maks}$ )	19,2 kA

Sedangkan perhitungan besarnya temperatur yang dibangkitkan ketika terjadi hubung singkat pada arus rata-rata sebesar 800 A dan 1250 A seperti ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Hasil perhitungan temperatur yang dibangkitkan untuk arus rata-rata 800 A

No	Tegangan (kV)	Arus busbar (A)	Waktu pemutusan $I_{hs}$ (detik)	Temperatur kamar ( $^{\circ}C$ )	Temperatur yang dibangkitkan ( $^{\circ}C$ )
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

Tabel 5. Hasil perhitungan temperatur yang dibangkitkan untuk arus rata-rata 1250 A

No	Tegangan	Arus busbar	Waktu pemutusan $I_{hs}$	Temperatur kamar	Temperatur yang
----	----------	-------------	--------------------------	------------------	-----------------

	(kV)	(A)	(detik)	(°C)	dibangkitkan (°C)
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

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5, jika terjadi gangguan hubung singkat pada tegangan rata-rata 24 kV, arus hubung singkat yang dibangkitkan rata-rata sebesar 16 kA dalam waktu 3 detik dapat dipadamkan oleh PMT dengan medium semburan gas SF<sub>6</sub>. Gas SF<sub>6</sub> ini mempunyai sifat isolasi dan pendingin yang baik dibandingkan dengan PMT dengan medium minyak.

PMT dan PMS dalam beroperasinya tidak bekerja sendiri-sendiri, baik dalam kondisi normal maupun kondisi gangguan karena peralatan tersebut juga dilengkapi dengan peralatan proteksi lainnya seperti rele yang berfungsi mendeteksi adanya penyimpangan dari kondisi ketidaknormalan pada peralatan dan sistem kelistrikan gedung RSG-GAS.

Mekanisme penutupan dan pembukaan PMT memerlukan gerakan mekanisme yang cepat dan tepat. Untuk mendapatkan gerakan yang cepat dan tepat ini diperlukan suatu mekanisme penggerak yang bekerja berdasarkan media yang digunakan yaitu energi udara tekan (gas SF<sub>6</sub>).

Dalam keadaan normal kontak-kontaknya harus dapat dibuka dan ditutup. Hal ini sangat berguna pada saat kondisi perbaikan dan pemeliharaan. Sedangkan dalam kondisi gangguan rele akan mendeteksi adanya penyimpangan dari nilai-nilai normal dan menggerakkan koil penjatuh (*trip coil*) dari PMT sehingga PMT akan terbuka secara otomatis. Jadi secara umum PMT memiliki kemampuan yaitu membuka dan menutup baik secara mekanis maupun elektrik.

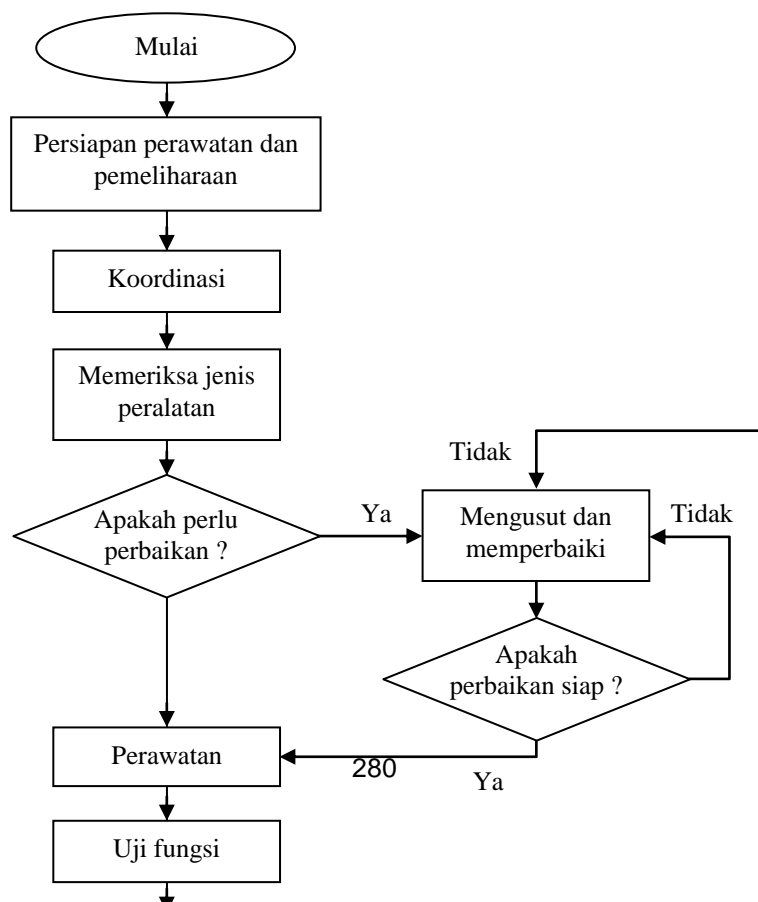
Sedangkan PMS digunakan untuk menyatakan secara visual bahwa suatu peralatan listrik telah bebas dari tegangan kerja, sehingga saklar PMS tidak diijinkan untuk dimasukkan atau dikeluarkan pada rangkaian listrik dalam keadaan berbeban. Dengan demikian saklar PMS merupakan peralatan yang dapat membuka dan menutup rangkaian yang arusnya rendah ( $\pm 5$  amper) atau pada rangkaian dimana pada saat saklar terbuka tidak terjadi perbedaan tegangan yang besar pada kutub saklarnya. Jenis PMS yang digunakan pada *switchgear* sistem kelistrikan gedung RSG-GAS adalah jenis saklar pemisah bus.

Untuk menghindari kesalahan operasi, saklar PMS dilengkapi dengan system *interlock*. Sistem ini berfungsi untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan sistem lainnya. Sistem *interlock* yang terpasang tersebut terdapat diantara PMS dan PMT dan antara saklar PMS dengan saklar pembumian. Pengoperasian sistem *interlock* dapat dilakukan secara mekanis maupun elektrik.

Sistem *interlock* yang dimaksud dalam hal ini yaitu :

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

Untuk mengoptimalkan penggunaan peralatan switchgear maka dibutuhkan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang baik dan benar 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 1 ditunjukkan diagram alir kegiatan perawatan dan perbaikan.





Gambar 1. Diagram alir kegiatan perawatan dan perbaikan *switchgear*

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil perhitungan gangguan hubung singkat pada tegangan 24 kV, arus hubung singkat yang dibangkitkan dalam waktu 3 detik rata-rata sebesar 16 kA dapat dipadamkan oleh PMT dengan medium semburan gas SF<sub>6</sub>, sedangkan berdasarkan hasil evaluasi unjuk kerja *switchgear* pada sistem kelistrikan gedung RSG-GAS ini menunjukkan bahwa peralatan *switchgear* siap beroperasi baik pada kondisi normal maupun pada kondisi gangguan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Anonimous, Safety Analysis Report RSG-GAS, Vol. 8, Badan Tenaga Nuklir Nasional 2002
- [2] Anonimous, MPR 30 Electrical Power Supply Summary, Sistem Description, INTERATOM 1986
- [3] Yan Bony M., Teguh Sulisty, Sistem Kelistrikan RSG-GAS, Bahan Diklat Perawatan Reaktor Riset, 2002
- [4] Kiswanto, dkk, Perawatan dan Peningkatan Keandalan Sistem Elektrik Reaktor, Prosiding Seminar Hasil Penelitian P2TRR Tahun 2005, ISSN 0854-5278, Serpong 18 April 2006
- [5] Tatang K, Analisa unjuk kerja Switchgear pada Sistem Kelistrikan gedung RSG-GAS, Tugas Akhir, STTN Yogyakarta, 2005

