

## KAJIAN PENGOPERASIAN RSG-GAS DENGAN DUA TRAFU PEMASOK CATU DAYA

Yan Bony Marsahala

### ABSTRAK

**KAJIAN PENGOPERASIAN RSG-GAS DENGAN DUA TRAFU SEBAGAI PEMASOK CATU DAYA.** Tulisan ini mengkaji kemungkinan menggunakan hanya dua transformator BHT untuk memasok catu daya pada operasi reaktor. Dasar pemikirannya adalah bahwa daya maksimum beban terpasang sistem listrik RSG-GAS adalah 1994 KVA. Sedangkan daya tersedia oleh pasokan catu daya PLN adalah 3000 KVA. Diketahui bahwa kapasitas dari tiap unit transformator BHT adalah 1600 KVA. Dengan demikian, bila hanya dua unit transformator dioperasikan, dan masing-masing transformator diberi daya tersedia 1500 KVA, dan menanggung 50% beban, maka kebutuhan daya listrik untuk keperluan operasi reaktor dapat dipenuhi. Permasalahannya adalah bahwa sistem distribusi daya listrik RSG-GAS didesain untuk tiga jalur, sehingga bila pola ini diterapkan, maka harus dilakukan modifikasi jaringan distribusi pada panel distribusi daya primer BHA, BHB, dan BHC. Dari hasil kajian diperoleh bahwa, dengan mengubah pola jaringan distribusi pada sisi hulu distribusi daya dari sistem radial menjadi topologi ring dengan cara menambahkan rangkaian coupler sebagai penghubung antar busbar, maka dengan menggunakan dua transformator RSG-GAS dapat dioperasikan.

Kata Kunci: Operasi reaktor, dua transformator BHT

### ABSTRACT

**STUDY FOR THE OPERATION OF THE RSG-GAS WITH TWO TRANSFORMER SUPPLYING POWER SUPPLY.** *This paper examines the possibility of using only two transformers BHT to supply the power supply on the operation of the reactor. The basic rationale is that the maximum power load of the electrical system of the RSG-GAS is 1994 KVA. While the power supply is a power supply available by PLN is 3000 KVA. Note that the capacity of each transformer BHT is 1600 KVA. Thus, when only two unit transformer operated, and each was given a power transformer available 1500 KVA, and took a 50% load, then the needs of electrical power for the operation of the reactor can be met. The problem is that the electric power distribution system of the RSG-GAS designed for three lines, so that when the pattern is applied, then it should be done modification of distribution network power distribution panel primer, BHA BHB, and BHC. The results of the study are obtained that, by changing the pattern of distribution network on the upper side of the power distribution system from the radial becomes ring topology by adding circuit coupler as a liaison between the busbar, then by using the two transformers RSG-GAS can be operated.*

*Keywords: Reactor operation, two transformers BHT*

## PENDAHULUAN

Berdasarkan total beban terpasang pada sistem listrik RSG-GAS, diketahui bahwa daya maksimum yang ditanggung oleh sistem<sup>[1]</sup> adalah 1994 KVA, sedangkan daya tersedia oleh pasokan catu daya PLN sebesar 3000 KVA, dan kapasitas tiap unit transformator BHT<sup>[2]</sup> adalah 1600 KVA. Dengan sistem berjalan, daya tersedia tersebut dibagi sama besar oleh tiga unit transformator BHT01, BHT02, dan BHT03 masing-masing menerima daya sebesar 1000 KVA. Daya yang digunakan saat ini hanya 62.5% dari kemampuan transformator. Dari uraian di atas, timbul pemikiran untuk mengoptimalkan transformator yang tersedia sehingga dimungkinkan hanya 2(dua) unit transformator saja yang dioperasikan secara bergantian, untuk memberikan waktu pada setiap unit transformator secara bergilir untuk diistirahatkan.

Dengan demikian bila dua unit transformator dioperasikan, dan masing-masing diberikan daya tersedia sebesar 1500 KVA (93.75% dari kemampuannya), serta masing-masing menanggung 50% beban, maka kebutuhan daya listrik untuk keperluan operasi reaktor dapat dipenuhi. Permasalahannya adalah bahwa sistem distribusi daya listrik RSG-GAS didesain untuk tiga jalur, sehingga bila pola ini diterapkan, akan diperlukan modifikasi jaringan untuk panel distribusi daya primer BHA, BHB, dan BHC, serta peralatan tambahan untuk operasi paralelisasi jaringan. Tulisan ini akan mengkaji kemungkinan yang dapat ditempuh yaitu dengan cara mengubah pola jaringan distribusi pada sisi hulu distribusi daya dari topologi radial menjadi topologi ring dengan menambahkan rangkaian coupler sebagai penghubung antar busbar.

## TEORI

Dengan moda operasi sistem bantu reaktor “*two of three*”, maka dari tiga jalur

distribusi tersedia, dibutuhkan cukup dua jalur yang diatur sedemikian rupa secara berpasangan untuk memasok beban persiapan sarana operasi (PSO) reaktor. Beban terpasang utama yang menarik arus-arus besar terdiri atas tiga jenis sistem bantu yaitu sistem pendingin sekunder, sistem pendingin primer, dan sistem menara pendingin. Ketiga jenis sistem bantu tersebut memberi kontribusi hingga 70% pemakaian daya listrik<sup>[3]</sup>, dan ketiga sistem tersebut terhubung secara redundan dengan ketiga jalur distribusi terpisah yaitu train A, train B, dan train C. Namun pada sistem hulu, yaitu pada panel hubung tegangan menengah (PHTM), ketiga jalur tersebut sebenarnya menjadi satu kesatuan seperti digambarkan pada diagram satu garis pada Gambar 1.

Dari uraian di atas, maka secara teori ketiga jalur distribusi tersebut dapat disatukan pada sisi hulu yaitu setelah sisi sekunder transformator BHT01, BHT02, dan BHT03 melalui alat paralelisasi. Dengan cara ini daya tersedia pada rel daya bantu dapat dipertahankan 3000 KVA walaupun salah satu transformator mengalami kegagalan.

## METODOLOGI

Metoda kajian dilakukan dengan menghitung kebutuhan daya maksimum diperlukan untuk operasi reaktor, dimana beban paling besar adalah sistem pendingin sekunder, sistem pendingin primer, dan sistem menara pendingin. Kemudian melakukan pengukuran arus beban pada tiap jalur distribusi pada sisi hulu yaitu total arus beban yang masuk ke panel distribusi primer BHA, BHB, dan BHC dari pasokan masing-masing transformator BHT01, BHT02, dan BHT03.

Hasil pengukuran dibandingkan dengan kapasitas penuh tiap transformator, dan daya tersedia dari pasokan PLN. Membuat modifikasi rancangan sistem distribusi sebagai sumber pasokan untuk

ketiga jalur distribusi yang ada dalam rangka mempertahankan moda operasi “two of three”.

**Ruang Lingkup**

Untuk menentukan apakah modifikasi sistem hulu seperti diuraikan di atas layak digunakan atau tidak, diperlukan pembahasan lebih lanjut mencakup:

- kebutuhan daya operasi reaktor,
- total daya beban terpasang,
- kapasitas transformator,
- kapasitas MCB,
- beban maksimum pada saat starting motor,
- moda operasi paralel, dan kehandalan sistem.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Total daya beban terpasang pada setiap jalur distribusi diperoleh seperti pada Tabel 1, dimana dengan pola operasi sistem bantu “two of tree”, maka:

1. Total beban terpasang sistem bantu operasi reaktor, adalah:
  - Moda 1 : Train A dan Train B : 2,470 + 2,358 = 4828 A
  - Moda 2 : Train A dan Train C : 2,470 + 2,375 = 4845 A
  - Moda 3 : Train B dan Train C : 2,358 + 2,375 = 4733 A
2. Daya maksimum sistem bantu operasi reaktor, adalah:
  - Moda 1 : Train A dan Train B : 1727 + 1649 = 3376 A
  - Moda 2 : Train A dan Train C : 1727 + 1659 = 3386 A

- Moda 3 : Train B dan Train C : 1649 + 1659 = 3308 A

Kebutuhan daya maksimum tertinggi terjadi pada operasi sistem bantu dengan moda 2, yaitu 3386 Amper. Daya maksimum tersebut bila dikonversi dalam satuan KVA, menjadi :

$$P_m = \sqrt{3} \times V_{3\phi} \times I_m \times \cos\phi$$

$$= \sqrt{3} \times 400 \times 3386 \times 0.85$$

$$P_m = 1994 \text{ KVA}$$

**Kondisi Kerja Transformator**

Dari data spesifikasi transformator diperoleh bahwa tiap unit transformator BHT01, BHT02, dan BHT03 memiliki daya 1600 KVA. Sehingga bila dua unit transformator dioperasikan secara paralel akan memberikan kapasitas 2 x 1600 KVA = 3200 KVA. Angka ini signifikan dengan besar daya tersedia dari pasokan PLN sebesar 3000 KVA. Dengan kata lain, kerja maksimum transformator adalah (3000/3200) x 100% = 93.75% dari kapasitasnya.

Dari uraian di atas, untuk daya maksimum 1994 KVA, maka kondisi kerja transformator hanya: (1994/3200) x 100% = 62.31% dari kapasitasnya. Beban terpasang pada tiap jalur distribusi dapat dilihat pada Tabel 1.

Sedangkan beban terpasang yang tetap diperlukan walaupun reaktor *shut down* (tidak operasi) yang harus dipasok oleh masing-masing jalur distribusi adalah sebagai berikut

**Tabel 1.** Beban terpasang pada sistem listrik

Jalur Distribusi	Train A			Train B			Train C		
	Busbar	I <sub>i</sub> (A)	I <sub>mak</sub> (A)	Busbar	I <sub>i</sub> (A)	I <sub>mak</sub> (A)	Busbar	I <sub>i</sub> (A)	I <sub>mak</sub> (A)
Panel Distribusi Primer	BHA	961	672	BHB	1018	712	BHC	928	649
Panel Distribusi Sekunder	BHD	846	592	BHE	799	559	BHF	797	557
Panel Distribusi Darurat	BNA	662	463	BNB	540	378	BNC	648	453
Jumlah		2,470	1727		2,358	1649		2,375	1659

Daya terpakai untuk keperluan sistem bantu operasi reaktor, yaitu<sup>[3]</sup>:

- Transformator BHT01 = 656.53 KW
- Transformator BHT02 = 524.21 KW
- Transformator BHT03 = 648.36 KW

Sehingga total daya terpakai untuk keperluan operasi reaktor merupakan jumlah aljabar dari daya terpakai ketiga transformator BHT, yaitu :

$$656.53 + 524.21 + 648.36 = 1829.1 \text{ KW}$$

Dengan asumsi bahwa  $\text{Cos } \phi = 0.80$ , maka kapasitas daya terpasang untuk keperluan operasi reaktor adalah total daya terpakai dibagi dengan  $\text{cos } \phi$ , memberikan harga 2286.37 KVA. Dengan menentukan *demand factor*,  $kd = 0.6$ , maka kebutuhan daya maksimum beban terpasang menjadi :

$$\begin{aligned} P_{mak} &= Kd. Pt \\ &= 0.6 \times 2286.37 \text{ KVA} \\ P_{mak} &= 1.371 \text{ KVA.} \end{aligned}$$

#### Modifikasi Topologi Distribusi

Diperlukan modifikasi pada sistem hulu distribusi daya agar sistem hilir distribusi yang terdiri dari tiga jalur redundan Train A, Train B, dan Train C tetap dapat dilayani sesuai dengan moda operasi “*two of three*”. Modifikasi distribusi yang diusulkan seperti pada Gambar 1. Cara kerja sistem seperti berikut:

- Moda 1 : Transformator BHT01 dan BHT02
- Moda 2 : Transformator BHT02 dan BHT03
- Moda 3 : Transformator BHT01 dan BHT03

Untuk operasional sistem diperlukan penambahan rel daya bantu dan peralatan paralelisasi yang penempatannya seperti pada Gambar 1. Peralatan paralelisasi tersebut diperlukan agar persaratan paralel seperti:

- tegangan sama,
- frekuensi sama, dan
- urutan fasa sama,

dapat dipenuhi. Dengan demikian, maka dua unit transformator dapat dioperasikan secara bersama-sama untuk memasok rel daya bantu. Dan satu unit transformator lainnya dapat diistirahatkan untuk alasan memperlambat proses penuaan akibat pembebanan elektrik, atau untuk keperluan perawatan/perbaikan.

#### Topologi Ring (Cincin)

Pada panel distribusi daya primer dapat ditambahkan peralatan *coupler* sebagai alat hubung antar busbar BHA, BHB, dan BHC sedemikian sehingga ketiga rangkaian busbar tersebut dihubungkan oleh:

- Coupler AB sebagai penghubung busbar BHA dan BHB,
- Coupler AC sebagai penghubung busbar BHA dan BHC,
- Coupler BC sebagai penghubung busbar BHB dan BHC,

sehingga ketiga busbar membentuk suatu rangkaian tertutup dan akan menjadi satu unit rangkaian dengan sistem distribusi yang disebut dengan *topologi ring*. Kapasitas dari tiap unit *coupler* tersebut haruslah dapat memikul beban dari satu jalur distribusi yaitu sebesar 2500 A.

#### Prinsip Kerja

##### • Rel daya bantu

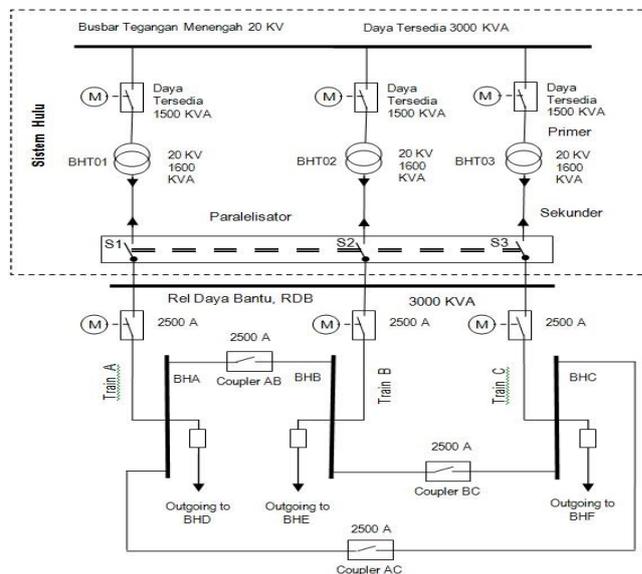
Rel daya bantu seperti pada Gambar 1 bekerja sebagai berikut: Asumsi bahwa reaktor beroperasi, maka kebutuhan daya listrik maksimum untuk sistem bantu diperlukan untuk menunjang operasi reaktor sebesar 1994 KVA dipasok oleh dua unit transformator dengan pola katakanlah Moda 1. Berarti transformator BHT01 dan BHT02 yang bekerja dan dioperasikan melalui alat paralelisasi,

dimana setelah semua persyaratan paralel dipenuhi maka sakelar  $S_1$  dan sakelar  $S_2$  di tutup sehingga arus masing-masing dari transformator BHT01 dan BHT02 memasok rel daya bantu  $R_{DB}$  dan selanjutnya memasok jalur distribusi Train A, Train B, dan Train C. Bila diinginkan pasokan dengan moda 2, maka proses di atas dapat diulang, demikian seterusnya.

Pada penggantian moda operasi, harus dilakukan sebelum reaktor dioperasikan. Hal ini penting untuk menghindari agar daya tersedia pada rel daya bantu lebih kecil dari beban maksimum. Bila sistem ini diterapkan maka pada setiap moda operasi, salah satu transformator dapat diistirahatkan. Dan

untuk mendapatkan hasil optimal, maka manajemen operasi rel daya bantu dapat diatur sedemikian dengan jadwal tertentu agar terdapat pemerataan waktu istirahat bagi setiap unit transformator secara merata.

Selain itu, bila reaktor tidak sedang operasi, maka kebutuhan daya listrik untuk sistem bantu hanya digunakan untuk pasokan sistem pengkondisian udara/ventilasi, penerangan, instrumentasi, dan kontrol saja. Total daya diperlukan untuk sistem-sistem tersebut seperti diuraikan di atas adalah 1371 KVA, sehingga rel daya bantu cukup dipasok oleh satu unit transformator saja dengan kapasitas daya tersedia 1500 KVA.

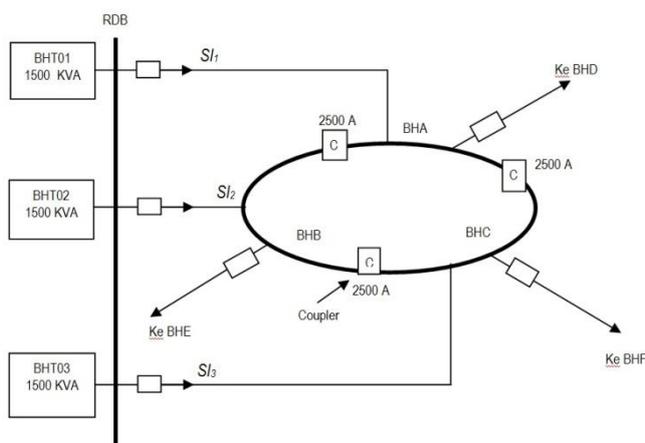


Gambar 1. Diagram satu garis paralelisasi istem hulu panel

### Topologi Ring

Topologi ring seperti skematik diagram pada Gambar 2, bekerja sebagai berikut: setiap jalur distribusi Train A, Train B, dan Train C seolah-oleh dipasok oleh satu unit busbar sehingga bila salah satu, katakanlah Train A gagal, maka beban dari train A tetap dapat dilayani oleh

sistem. Demikian sehingga bila satu atau dua sumber pasokan dari rel daya bantu gagal, maka jalur distribusi dibawahnya tidak akan gagal. Dengan kata lain kehandalan dari sistem menjadi lebih tinggi.



Gambar 2. Skematik diagram topologi ring

### Cara Kerja

#### 1. Pasokan daya.

Catu daya untuk memasok topologi ring diambil dari tiga unit transformator BHT, yang dioperasikan hanya menggunakan dua sumber daya berdasarkan mekanisme 3 moda operasi, yaitu :

Operasi	Pasokan 1	Pasokan 2
Moda I	Transformator BHT01	Transformator BHT02
Moda II	Transformator BHT02	Transformator BHT03
Moda III	Transformator BHT01	Transformator BHT03

Pengaturan mekanisme moda operasi dapat dilakukan secara manual atau dengan menambahkan alat otomatisasi.

#### 2. Aliran daya

Pasokan daya seperti diuraikan di atas tersedia pada rel daya bantu RDB, selanjutnya oleh tiga unit saluran masuk  $Sl_1$ ,  $Sl_2$ , dan  $Sl_3$  diteruskan ke panel distribusi primer BHA, BHB, dan BHC yang terintegrasi menjadi topologi ring. Arah aliran daya pada topologi ring mengalir dalam dua arah, tergantung besarnya arus beban yang dibutuhkan oleh

masing-masing busbar. Hal ini dimungkinkan karena antar busbar dilengkapi dengan peralatan coupler yang berfungsi sebagai jembatan antar busbar. Misalnya bila suatu saat arus beban pada busbar BHA lebih besar dari daya yang tersedia padanya, maka kekurangan daya tersebut dapat ditarik dari busbar BHB dan BHC, demikian sebaliknya.

### KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa kemungkinan operasi reaktor dengan hanya menggunakan dua unit transformator BHT dapat diterapkan. Bahkan bilamana reaktor sedang shut down, maka kebutuhan daya listrik untuk keperluan ventilasi, penerangan, instrumentasi dan kontrol dapat dipenuhi melalui hanya mengoperasikan satu unit transformator. Sistem distribusi daya dengan moda two of three tetap dapat dipenuhi dengan menambahkan rel daya bantu pada sistem hulu setelah sisi sekunder transformator.

### DAFTAR PUSTAKA

1. YAN BONY MARSAHALA, YAYAN ANDRIYANTO, Kondisi Terkini Sistem Listrik RSG-GAS, Laporan

- Teknis, TRR.SR.25.01.51.05
2. **INTERATOM GmBH**, *MPR-30 Electrical Power Supply Summary, System Specification*, 1986
  3. **YAN BONY MARSAHALA**, Kajian Keseimbangan Beban Pada Sistem Distribusi Daya Listrik RSG-GAS, *Jurnal Ilmu dan Rerkayasa Industri (JIRTI)*, Volume 11, Nomor 1, Tahun Ke VI, April 2005, ISSN 1411-4275.
  4. **INTERATOM GmBH**, *MPR-30 Electrical Power Supply Summary, System Description*, 1986.