

## KETIDAKSESUAIAN PENGOPERASIAN REAKTOR RSG-GAS PADA TERAS 92 DENGAN DAYA MAKSIMUM 30 MW.

**Sukiyanto, S.ST.**

*PRSG-BATAN Serpong*

*Email : sukiyanto@batan.go.id*

### ABSTRAK

Hasil pengujian pengoperasian reaktor pada daya maksimum 30 MW menimbulkan perbedaan antara daya reaktor yang dikehendaki: 30 MW dengan hasil kalibrasi daya reaktor: 28,008 MW, hal tersebut menimbulkan pertanyaan, sehingga sangat penting untuk dilakukan kajian untuk menjawab hal tersebut. Metode kajian dilakukan dengan pengambilan data kalibrasi daya reaktor dari daya 15 MW sampai daya maksimum 30 MW. Hasil kajian diketahui : Pertama data awal konversi daya reaktor yang digunakan mengacu pada pengoperasian reaktor sebelumnya pada daya 15 MW dengan menggunakan 4 blower pada sistem pendingin sekunder, sedangkan pada pengoperasian reaktor daya maksimum 30 MW menggunakan 7 blower pada sistem pendingin sekunder. Kedua hasil kalibrasi daya reaktor pada setiap level daya tertentu tidak digunakan untuk menyesuaikan harga parameter daya reaktor yang lama, dengan alasan keselamatan, dikarenakan daya reaktor belum stabil dan dikawatirkan pengoperasian reaktor melampaui batas keselamatan. Kesimpulan untuk menjamin pengoperasian reaktor dengan aman dan selamat pada daya maksimum 30 MW, harus terlebih dahulu dilakukan pengoperasian reaktor pada daya 15 MW dengan menggunakan 6 atau 7 blower pada sistem pendingin sekunder sampai mencapai daya reaktor stabil, kemudian dilakukan kalibrasi daya reaktor dan hasilnya digunakan untuk acuan. Untuk mengetahui kesesuaian daya reaktor pada setiap tahapan atau level daya tertentu harus dilakukan kalibrasi daya reaktor dan hasilnya merupakan daya reaktor yang sesungguhnya.

**Kata kunci :** *Teras 92, 30 MW, 28,008MW, Kalibrasi daya reaktor, konversi daya reaktor,blower sistem pendingin sekunder*

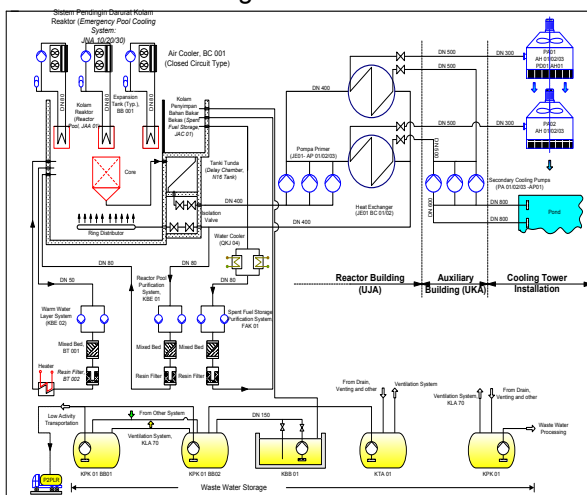
### ABSTRACT

**Incompatibility of RSG-GAS Reactor Operation on Core 92 with a Maximum Power of 30 MW.** The testing result of reactor operation with maximum power of 30 MW causes the difference between required power which is 30 MW, with the result of reactor power calibration which is 28.008 MW, it raises a question and needs a study to answer. The study method was conducted by taking data of reactor power calibration started from the power of 15 MW to the maximum power 30 MW. The result of the study shows : firstly, the used preliminary data of reactor power conversion referring to previous reactor operation at the power of 15 MW by using 4 blower of secondary cooling system, meanwhile on reactor operation with maximum power of 30 MW using 7 blowers of secondary cooling system. Secondly, the result of reactor power calibration on each certain level power is not used to adjust parameter value of old reactor power, with the safety reason, caused of the reactor power is not stable yet and feared that reactor operation would overshoot safety limits. Conclusion, to guarantee the reactor operation securely and safety at maximum power of 30 MW, it is must to do reactor operation at the power of 15 MW at first by using 6 or 7 blowers of secondary cooling system until the stable reactor power is reached, next, calibration of reactor power is carried out and the result is used as reference. To get to know the compatibility of reactor power on each step or on certain power level, it is a must to do reactor power calibration and the result shows the real reactor power.

**Keywords :** *Core 92, 30 MW, 28,008 MW, Reactor power calibration, Conversion of reactor power, Blower of secondary cooling system.*

## PENDAHULUAN

**R**eaktor Serba Guna G.A Siwabessy (RSG-GAS) merupakan reaktor riset jenis MTR (*Material Testing Reactor*) yang digunakan untuk penelitian, melayani kegiatan iradiasi, pendidikan dan pelatihan. Reaktor RSG-GAS didesain berupa kolam terbuka dengan menggunakan air sebagai pendingin dan moderator serta *Beryllium* sebagai *reflector* kemudian daya thermal nominal sebesar 30 MW. Untuk menjamin komponen dan sistem keselamatan reaktor setiap satu tahun sekali Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) mensyaratkan supaya dilakukan pengujian pengoperasian reaktor pada daya maksimum 30 MW. Untuk menjamin kebenaran hasil pengujian, maka harus dilakukan kalibrasi daya reaktor secara periodik. Aspek-aspek yang dibahas diharapkan dapat menjadi acuan dalam melakukan pengoperasian reaktor RSG-GAS secara berkala dengan aman dan selamat.



Gambar 1. Diagram segaris Fasilitas RSG-GAS dan Sistem pendingin reaktor.

## KALIBRASI DAYA REAKTOR

Kalibrasi daya reaktor meliputi seluruh kegiatan pengukuran parameter variabel daya, kalkulasi daya reaktor dan pengaturan ulang instrumen/kanal ukur daya. Kalibrasi daya reaktor bertujuan untuk mengetahui daya reaktor yang sebenarnya juga untuk menyesuaikan meter-meter daya sesuai dengan hasil kalibrasi.

Kalibrasi daya reaktor dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu kalibrasi secara nuklir dan secara kalorimetri (thermo). Kalibrasi daya secara nuklir biasanya hanya dilakukan untuk

reaktor-reaktor dengan daya rendah, karena kalibrasi ini dilakukan dengan mengukur fluks neutron secara langsung pada masing-masing elemen bakar, dan pengukuran fluks neutron itu sendiri hanya bisa dilakukan pada operasi daya rendah.

Kalibrasi secara kalorimetri (thermo) ada dua macam yaitu non-stasioner dan stasioner. Kalibrasi daya reaktor secara kalorimetri non-stasioner dilakukan dengan mengukur kenaikan suhu air kolam reaktor tanpa mengoperasikan sistem pendingin reaktor. Kalibrasi daya ini juga hanya digunakan untuk reaktor dengan daya rendah, karena pada operasi reaktor daya tinggi sistem pendingin reaktor harus dalam kondisi dioperasikan.

Kalibrasi daya reaktor secara kalorimetri stasioner cocok digunakan untuk reaktor dengan daya tinggi, yaitu dengan mengoperasikan sistem pendingin reaktor dan mengukur suhu air keluaran dan masukan teras reaktor, kemudian dikonversikan sebagai daya standar.

Berikut adalah penjelasan mengenai teori dan cara kalibrasi daya reaktor secara kalorimetri stasioner yang digunakan untuk mengkalibrasi daya reaktor RSG-GAS.

Suatu reaktor yang beroperasi pada daya tetap didinginkan oleh fluida pendingin dengan laju alir tetap, maka perbedaan suhu pendingin keluaran dan masukan teras reaktor menyatakan jumlah panas yang dipindahkan dari teras ke pendingin. Kalibrasi daya dengan metode kalorimetri pada prinsipnya berdasarkan pada pengukuran kenaikan suhu air pendingin yang diakibatkan oleh panas hasil fisi pada teras reaktor yang dipindahkan ke air pendingin. Besarnya kenaikan suhu bergantung kepada besarnya panas pada teras reaktor, massa aliran pendingin dan panas spesifik.

Besarnya daya reaktor dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = \epsilon \cdot Cp \cdot (T_k - T_m) \tag{1}$$

Atau,

$$Q = W \cdot p \cdot Cp \cdot \Delta T \tag{2}$$

di mana :

- Q = Daya reaktor (kW)
- W = Laju alir volumetrik (m<sup>3</sup>/s)
- ε = Massa aliran pendingin (kg/s)
- T<sub>k</sub> = Suhu keluaran teras reaktor (°C)
- T<sub>m</sub> = Suhu masukan teras reaktor (°C)
- ρ = massa jenis pendingin (kg/m<sup>3</sup>)

$C_p$  = Panas spesifik pendingin (kJ/kg.°K)

$\Delta T$  = Beda suhu keluaran dan masukan teras reaktor (°K)

Pada persamaan ini kehilangan panas dijalar sistem primer diabaikan.

Dengan mengukur besarnya laju alir sistem pendingin teras (pendingin primer JE-01)  $W$ , suhu masukan teras  $T_m$  dan suhu keluaran teras  $T_k$ , serta memasukkannya dalam persamaan di atas maka dapat dihitung besar daya reaktor yang dibangkitkan. Untuk  $\Delta T$  yang kecil, harga  $C_p$  dan  $\rho$  dapat dianggap tetap. Namun untuk mendapatkan ketelitian yang lebih baik maka harga  $C_p$  dan  $\rho$  harus dikoreksi dengan persamaan berikut <sup>21</sup>:

$$\rho = 1000 (1,0029 - 1,5838 \cdot 10^{-4} \cdot T_b - 2,847 \cdot 10^{-6} \cdot T_b^2)$$

$$C_p = 4,167 + 0,05 \cdot e^{(-0,0734 T_b)} + 0,0031 \cdot e^{(0,0268 T_b)}$$

Dimana  $T_b$  adalah suhu rerata masukan dan keluaran teras reaktor yang masing-masing dapat diukur dari panel pengukuran di ruang kendali utama (RKU) pada alat penunjukan JE-01 CT001 (masukan teras) dan JE-01 CT006 (keluaran teras), dengan satuan  $T_b$  adalah °C. Sedangkan untuk laju alir sistem pendingin primer dihitung dari jumlah laju alir yang terukur pada sensor JE-01 CF811/821/831 dan KBE-01 CF003.

Hasil pengukuran laju alir dan suhu tersebut dipergunakan untuk menghitung daya reaktor yang dibangkitkan di teras, kemudian untuk mendapatkan hasil ketelitian yang baik dan benar dilakukan pengukuran faktor koreksi daya reaktor dengan cara mengoperasikan sistem pendingin primer dan sekunder serta pendukungnya sampai perbedaan suhu masuk dan keluar teras mencapai harga stabil, sebelum reaktor dioperasikan.

## METODOLOGI

Untuk menjamin keselamatan dalam pengoperasian reaktor pada daya maksimum 30 MW harus mengikuti Instruksi Operasi Reaktor yang dikeluarkan oleh Kepala PRSG.

Instruksi Operasi Reaktor tersebut berisi tentang persyaratan dan tahapan-tahapan yang harus diikuti dalam pengoperasian reaktor antara lain: Tujuan pengoperasian reaktor, kondisi awal yang harus dipenuhi, dan dilanjutkan dengan instruksi berikutnya antara lain pada hari Kamis tanggal 12 Januari 2017 setelah bahan bakar IFE RI-10 dimasukkan ke dalam teras reaktor kemudian hidupkan sistem pendingin reaktor yaitu sistem pendingin primer (JE01 AP01+JE01 AP02) dan Sistem pendingin sekunder (PA02 AP01+PA03 AP01). Setelah tercapai kondisi normal dilanjutkan dengan mengoperasikan reaktor menuju daya rendah bebas sumber selama 15 menit kemudian menaikkan daya reaktor menuju 5 MW dan dipertahankan selama 30 menit, 10 MW 30 menit, 15 MW 1 jam, 18 MW 2 jam, 20 MW 2 jam, 25 MW 2 jam, 27 MW 2 jam dan 30 MW 3 jam. Setelah kegiatan pengoperasian reaktor selesai, reaktor di shutdown dengan cara menurunkan daya reaktor secara bertahap hingga posisi batang kendali mencapai terbawah (100% down).

Tata Kerja untuk pengambilan data.

1. Mencatat data awal mengacu pada data sebelumnya
2. Mencatat data pada saat daya reaktor tercapai 15 MW
3. Mencatat data pada saat daya reaktor tercapai 18 MW
4. Mencatat data pada saat daya reaktor tercapai 20 MW.
5. Mencatat data setelah daya reaktor mencapai 25 MW.
6. Mencatat data setelah daya reaktor mencapai 27 MW.
7. Mencatat data setelah daya reaktor mencapai 30 MW.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini hasil pencatatan data dan pembahasan yang telah dilakukan di RSG-GAS pada tanggal 12 Januari 2017 (Teras 92):

**Tabel 1.3 Pencatatan data Pengoperasian Reaktor sebelum dilakukan Kalibrasi Daya Reaktor.**

No	Tanggal	JAM	Daya Reaktor yang dikehendaki (MW)	Konversi JKT04 $1 \times 10^{-10}$ A (Watt)	Harga pengesetan JKT04 (A)	Keterangan
1	09-01-2017	09,55	15	32.775		Data acuan awal (daya aktual 15,732 MW)
2	12-01-2017	17,19	15	32.775	$0,46 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 16,53
3		17,44	15	32.775	$0,46 \times 10^{-4}$	
4		18,30	18	32.775	$0,55 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 17,53
5		19,00	18	32.775	$0,55 \times 10^{-4}$	
6		20,30	20	32.775	$0,61 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 19,55
7		21,00	20	32.775	$0,61 \times 10^{-4}$	
8		21,30	20	32.775	$0,61 \times 10^{-4}$	
9		22,00	25	32.775	$0,76 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 22,03
10		22,30	25	32.775	$0,76 \times 10^{-4}$	
11		23,00	25	32.775	$0,76 \times 10^{-4}$	
12		23,30	25	32.775	$0,76 \times 10^{-4}$	
13		24,00	27	32.775	$0,82 \times 10^{-4}$	
14	13-01-017	00,30	27	32.775	$0,82 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 00,09
15		01,00	27	32.775	$0,82 \times 10^{-4}$	
16		01,30	27	32.775	$0,82 \times 10^{-4}$	
17		02,00	27	32.775	$0,82 \times 10^{-4}$	
18		02,30	30	32.775	$0,91 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 02,13
19		03,00	30	32.775	$0,91 \times 10^{-4}$	
20		03,30	30	32.775	$0,91 \times 10^{-4}$	
21		04,00	30	32.775	$0,91 \times 10^{-4}$	
22		04,30	30	32.775	$0,91 \times 10^{-4}$	
23		05,00	30	32.775	$0,91 \times 10^{-4}$	

**Tabel 2.3 Pencatatan data berdasarkan hasil Kalibrasi Daya Reaktor**

No	Tanggal	Jam	Daya Reaktor yang dikehendaki (MW)	Hasil Kalibrasi Daya reaktor (Daya Aktual) (MW)	Konversi JKT04 $1 \times 10^{-10}$ A (Watt)	Harga Pengesetan pada JKT04 (A)	Keterangan
1		09,55	15	15,732	32.775	$0,46 \times 10^{-4}$	Data acuan operasi sebelumnya
2	12-01-2017	17,19	15	13,938	30,300	$0,49 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 16,53
3		17,44	15	14,190	30,847	$0,48 \times 10^{-4}$	
4		18,30	18	16,791	29,457	$0,61 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 17,53
5		19,00	18	17,262	29,762	$0,60 \times 10^{-4}$	
6		20,30	20	19,210	30,983	$0,64 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 19,55
7		21,00	20	19,465	31,910	$0,62 \times 10^{-4}$	
8		21,30	20	19,680	32,262	$0,61 \times 10^{-4}$	
9		22,00	25	23,306	30,665	$0,81 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 22,03
10		22,30	25	23,563	31,003	$0,80 \times 10^{-4}$	
11		23,00	25	23,811	31,330	$0,79 \times 10^{-4}$	
12		23,30	25	23,630	31,092	$0,81 \times 10^{-4}$	
13		24,00	27	25,131	30,647	$0,88 \times 10^{-4}$	
14	13-01-2017	00,30	27	25,388	30,961	$0,87 \times 10^{-4}$	Kritis Jam 00,09
15		01,00	27	25,535	31,140	$0,86 \times 10^{-4}$	

16	01,30	27	25,535	31,140	0,86x10 <sup>-4</sup>	
17	02,00	27	25,388	30,961	0,87x10 <sup>-4</sup>	
18	02,30	30	27,762	30,507	0,98x10 <sup>-4</sup>	Kritis Jam 02,13
19	03,00	30	27,724	30,465	0,97x10 <sup>-4</sup>	
20	03,30	30	28,055	30,830	0,97x10 <sup>-4</sup>	
21	04,00	30	28,165	30,950	0,97x10 <sup>-4</sup>	
22	04,30	30	27,861	30,284	0,99x10 <sup>-4</sup>	
23	05,00	30	28,008	30,778	0,97x10 <sup>-4</sup>	

**Tabel 3.3 Data cuplikan dari hasil Kalibrasi Daya Reaktor terakhir**

No	Tanggal	Jam	Daya Reaktor yang dikehendaki (MW)	Harga Pengesetan JKT04 lama (MW)	Daya Reaktor Aktual (Hasil kalibrasi) (MW)	Harga Pengesetan JKT04 Baru (A)	Keterangan
1		09,55	15	0,46x10 <sup>-4</sup> A	15,732	0,46x10 <sup>-4</sup> A	Acuan operasi sebelumnya
2		17,44	15	0,46x10 <sup>-4</sup> A	14,190	0,48x10 <sup>-4</sup> A	
3		19,00	18	0,54x10 <sup>-4</sup> A	17,262	0,60x10 <sup>-4</sup> A	
4		21,30	20	0,61x10 <sup>-4</sup> A	19,680	0,62x10 <sup>-4</sup> A	
5		23,30	25	0,76x10 <sup>-4</sup> A	23,630	0,81x10 <sup>-4</sup> A	
6		02,00	27	0,82x10 <sup>-4</sup> A	25,388	0,87x10 <sup>-4</sup> A	
7		05,13	30	0,91x10 <sup>-4</sup> A	28,080	0,97x10 <sup>-4</sup> A	

Berdasarkan tata kerja yang dilakukan pada tabel 1.3 berisi data informasi pengoperasian reaktor secara bertahap diambil setelah daya reaktor mencapai 15 MW. Untuk data awal diambil dari hasil kalibrasi daya reaktor pada pengoperasian reaktor sebelumnya yaitu pada tanggal 9 Januari 2017 pada jam 09.55 pada daya maksimum 15 MW dengan menggunakan 4 *blower* pada sistem pendingin sekunder. Berdasarkan dari data awal tersebut hasil kalibrasi daya reaktor (daya aktual) : 15.732 MW sehingga dihasilkan konversi JKT04 :  $1 \times 10^{-10}$  A : 32.775 Watt, sehingga untuk mengoperasikan reaktor pada daya 15 MW harga pengesetan pada kanal pengukuran daya reaktor (JKT04) :  $0,46 \times 10^{-4}$  A. Berdasarkan dari data awal tersebut digunakan sebagai acuan untuk mengoperasikan reaktor secara bertahap menuju daya maksimum 30 MW.

Pada tabel 2.3 berisi data informasi dari hasil kalibrasi daya reaktor dari daya 15 MW sampai daya maksimum 30 MW dengan menggunakan 7 *blower* pada sistem pendingin sekunder langsung dapat diketahui

perbedaannya, jika reaktor dioperasikan pada daya 15 MW dengan 4 *blower* pada sistem pendingin sekunder dihasilkan daya aktual sebesar 15,732 MW sedangkan hasil kalibrasi daya reaktor dengan menggunakan 7 *blower* pada sistem pendingin sekunder dihasilkan daya reaktor aktual sebesar : 13,938 MW (kalibrasi daya reaktor pertama) jadi mengalami penurunan daya reaktor sebesar : 1,794 MW kemudian jika kita menghendaki daya reaktor yang benar untuk daya 15 MW, mengambil data kalibrasi daya reaktor yang kedua dengan daya aktual sebesar 14,190 MW dengan konversi JKT04 :  $1 \times 10^{-4}$  A : 30,847 Watt dan mengharuskan merubah atau menaikkan harga pengesetan pada kanal pengukur daya reaktor (JKT04) dari harga JKT04 :  $0,46 \times 10^{-4}$  A menjadi  $0,48 \times 10^{-4}$  A, sebagai data awal untuk menghitung pada pengoperasian reaktor secara bertahap menuju daya maksimum 30 MW. Untuk menjamin pengoperasian reaktor tidak melampaui batas yang diijinkan tetap harus dilakukan kalibrasi daya reaktor pada setiap tahap kenaikan daya reaktor..

## KESIMPULAN

Berdasarkan dari tabel 3.3 dapat diambil kesimpulan bahwa perubahan daya reaktor telah diketahui setelah dilakukan kalibrasi daya reaktor pada level daya tertentu. Pada data terakhir diketahui hasil kalibrasi daya reaktor untuk daya 30 MW day aktualnya sebesar 28,080 MW, kemudian untuk mencapai daya reaktor 30 MW berdasarkan hasil kalibrasi daya reaktor harus menaikkan harga pengesetan pada kanal pengukuran daya reaktor (JKT04) :  $0,91 \times 10^{-4} \text{A}$  dinaikan menjadi  $0,97 \times 10^{-4} \text{A}$  dengan konversi pada JKT04 :  $1 \times 10^{-10} \text{A}$  : 30,778 Watt.

Hasil pengujian pengoperasian reaktor tersebut dapat diambil sebagai pembelajaran sebelum mengoperasikan reaktor pada daya maksimum 30 MW harus terlebih dahulu dilakukan pengoperasian reaktor pada daya 15 MW dengan 6 atau 7 *blower* pada sistem pendingin sekunder sampai kondisi stabil kemudian dilakukan kalibrasi daya reaktor dan hasilnya digunakan sebagai acuan untuk mengoperasikan reaktor secara bertahap menuju daya maksimum 30 MW.

Untuk menjamin keselamatan dan harga batas yang diijinkan tidak terlampaui dalam pengoperasian reaktor harus dilakukan kalibrasi daya reaktor, hal tersebut digunakan untuk mengetahui daya reaktor yang sesungguhnya.

## UCAPAN TERIMAKASIH

- 1, **Drs. R. Heru Umbara** selaku Kepala PRSG yang selalu memberi dukungan dan motivasi untuk melakukan penulisan.
2. **Ir. Yusi Eko Yulianto** yang selalu membimbing dan memberikan arahan sekaligus motivasi dalam penulisan.
3. **Teman-teman sejawat** yang tidak disebutkan namanya satu persatu yang turut membantu dan berpartisipasi dalam penulisan makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. **WIRANTO SLAMET (2006)**. "Kajian Operasi RSG-GAS pada Siklus Operasi 61 Serpong BATAN.
2. **ISNAINI MOH DARWIS (2000)**, "Kalibrasi Daya Reaktor dan Pengaturan Pengukur Fluks Neutron" (Diklat Selingkung Manajemen Teras RSG-GAS) Jakarta BATAN.
3. **PRSG (2010)**, "Petunjuk Pelaksanaan Kalibrasi Daya Reaktor RSG-GAS" Tangerang Selatan PRSG-BATAN.
4. **PRSG (2011)** "Laporan Analisis Keselamatan Operasi Reaktor Reaktor Serbaguna G.A Siwabessy BATAN Revisi 10.10.1".
5. **ISNAINI MOH DARWIS (1995)**, "Tabel Konversi Daya Reaktor PRSG BATAN" Jakarta : BATAN.
6. **PRSG (2017)** "Buku Induk Operasi Reaktor" Tangerang Selatan PRSG BATAN
7. **PRSG (2017)** "Lembar Data Pengoperasian Reaktor" Tangerang Selatan PRSG BATAN.
8. **PRSG (2017)** "Data Kalibrasi Daya Reaktor" Tangerang Selatan PRSG BATAN.