

EVALUASI UNJUK KERJA KESELAMATAN OPERASI RSG-GAS TERAS LXII-LXVI

J. Sukmana, J. A. Korua, S. Suwanto

ABSTRAK

EVALUASI UNJUK KERJA KESELAMATAN OPERASI RSG-GAS TERAS LXII-LXVI. Telah dilakukan evaluasi terhadap unjuk kerja keselamatan konfigurasi teras operasi ke LXII-LXVI oleh Subbidang Keselamatan Operasi. Tujuan evaluasi unjuk kerja keselamatan reaktor adalah untuk menunjukkan kinerja sistem yang optimal dan efektif. Sistem reaktor meliputi: sistem pendingin dan purifikasi, sistem instrumentasi dan kendali, sistem ventilasi, sistem daya listrik bekerja melayani operasi reaktor sesuai dengan fungsinya. Semua sistem pendukung dipertahankan berada dalam kondisi baik dengan cara melakukan perawatan dan pengujian secara periodik. Reaktor dioperasikan dengan daya 15 MW. Pembangkitan daya dari masing-masing konfigurasi teras selama periode tersebut rata-rata adalah 628 MWD dan jumlah sampel yang berhasil diiradiasi rata-rata 52 yang berasal dari beberapa instansi pengguna. Gangguan terhadap operasi yang berakibat scram terjadi rata-rata 2 kali dalam setiap siklus yang sebagian besar masih diakibatkan oleh trip daya PLN. Dari hasil evaluasi dapat diketahui bahwa tujuan RSG-GAS sebagai reaktor penelitian telah secara aman dan optimal dicapai yaitu ditunjukkan dengan banyaknya peneliti yang menggunakan fasilitas iradiasi untuk tujuan penelitian. Penggunaan fasilitas iradiasi untuk tujuan komersial masih perlu dioptimalkan sehingga biaya operasi reaktor dapat dijamin kelangsungannya.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE GA SIWABESSY REACTOR SAFETY PERFORMANCE DURING THE 62TH – 66TH CORE CONFIGURATION. Evaluation of the GA Siwabessy Reactor (RSG-GAS) safety performance has been done during the 62th – 66th core configuration by the reactor safety operation subdivision. The aim of the reactor performance evaluation is to demonstrate whether the reactor has been utilized optimally and effectively. The entire reactor systems including cooling and purification system, instrumentation and control system, ventilation system, electrical system operated and served the reactor properly as expected. All support systems were kept in good health by periodically maintained and tested of its performance. The reactor was operated within 15 MW power. The average power developed on each core configuration was 628 MWD and total samples irradiated was 52 pieces coming from different institutions. Troubles causing scram occurred two times in average in every cycle mostly due to The Electrical State Own Company (PLN) trip. From the research and nuclear technology training point of view it can be concluded that reactor has been utilized safely and effectively. Commercially it is recognized that there is still a room to increase and improve on irradiation utilization in order to achieve economically sustainable operation.

PENDAHULUAN

Mengacu kepada Surat Keputusan kepala Batan No.: 329/KA/XI/2005, pasal 213, ayat 3: Subbidang Keselamatan Operasi (SBKO) mempunyai tugas melakukan analisis dan kajian keselamatan operasi reaktor riset serta penyiapan dokumen Laporan Analisis Keselamatan (LAK). Tugas dan fungsi di atas kemudian diuraikan dalam kegiatan pokok, yakni pengendalian dan analisis keselamatan operasi reaktor, pemutakhiran dokumen LAK RSG-GAS, dan pengembangan program keselamatan. Pengembangan sistem pengendalian keselamatan operasi di RSG-GAS telah diatur dengan tersedianya prosedur dan LAK sebagai tata aturan awal dari sistem pengendalian keselamatan. Kemajuan dalam pengendalian keselamatan ini ternyata terus berkembang sejalan dengan bertambahnya usia

operasi dan ragam kejadian/kegagalan dalam operasi reaktor itu sendiri yang akhirnya harus dievaluasi dan dianalisis untuk dicari penyebabnya dan membangun cara supaya kegagalan tidak terulang lagi.

Kegiatan evaluasi terhadap operasi dilakukan sebelum, sesudah, dan ketika operasi dilaksanakan untuk keselamatan reaktor. Sehingga secara tidak langsung evaluasi selaras dengan pengawasan terhadap sistem, instalasi, dan langkah-langkah operasi (prosedur) dari pelaksanaan operasi oleh institusi. Seperti pada pelaksanaan pembentukan elemen teras (PPET) baru, uji persiapan sarana operasi (PSO), uji *witness* terhadap sampel FPM, dan pengendalian sarana penunjang lainnya.

Melalui makalah ini, penulis mencoba mengevaluasi unjuk kerja pengoperasian RSG-GAS terutama teras 62 hingga teras 66 sehingga diharapkan bermanfaat

khususnya dalam meningkatkan sistem keselamatan operasi reaktor pada kegiatan di masa mendatang.

UNJUK KERJA OPERASI REAKTOR

Di dalam mengoperasikan reaktor, semua parameter operasi harus dijaga dan dikendalikan agar tidak melampaui batasan operasi yang dipersyaratkan. Batasan dan persyaratan operasi merupakan spesifikasi teknis yang telah didesain dan diuji

fungsi, tertuang dalam Laporan Analisis Keselamatan RSG-GAS yang disiapkan dan direvisi oleh SBKO. LAK RSG-GAS yang menjadi acuan pada saat ini adalah LAK Revisi 10.

Persyaratan operasi telah ditetapkan di dalam LAK, yaitu dengan membatasi harga variabel yang berkaitan dengan kinerja neutronik, termal, dan hidrolik teras dan membatasi harga variabel dari sistem keselamatan lain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Operasi RSG-GAS dan Pengendaliannya¹⁾

No	Sistem	Parameter persyaratan/batasan	Kegiatan pengendalian
1.	Sistem teras reaktor	<ul style="list-style-type: none"> • Karakteristik pemuatan teras, • Harga reaktivitas padam, • Reaktivitas-konfigurasi-penunjuk posisi – waktu jatuh batang kendali, daya reaktor 	Pengendalian dilakukan pada kegiatan pembentukan teras baru dan persiapan sarana operasi.
2.	Sistem pendingin reaktor	<ul style="list-style-type: none"> • Kendali tinggi air, • Purifikasi pendingin, • Penukar panas, • Mutu pendingin primer, • Katup sistem, pipa dan komponen, • Lapisan air hangat 	Pengendalian dilakukan pada persiapan sarana operasi.
3.	Sistem instrumentasi	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem proteksi reaktor, • Sistem pemantauan udara 	Pengendalian dilakukan pada persiapan sarana operasi.
4.	Sistem daya listrik	<ul style="list-style-type: none"> • Distribusi daya AC, • Distribusi daya DC 24 Volt 	Pengendalian dilakukan pada persiapan sarana operasi.
5.	Sistem pendukung	<ul style="list-style-type: none"> • Integritas pengungku, • Damper isolasi pengungku, • Sistem tekanan rendah 	Pengendalian dilakukan pada persiapan sarana operasi.
6.	Sistem ventilasi	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem KLE35, • Sistem KLD, • Sistem KLA60, • Suhu & Kelembaban 	Pengendalian dilakukan pada persiapan sarana operasi.
7.	Sistem Re-fuelling	<ul style="list-style-type: none"> • Penanganan dalam kolam, • Crane di Balai Operasi 	Pengendalian dilakukan pada kegiatan pembentukan teras baru.
8.	Sistem gempa	<ul style="list-style-type: none"> • Pengendalian reaktor dari RKU atau RKD, • Pemadaman, • Estimasi instalasi 	Pengendalian dilakukan pada persiapan sarana operasi.
9.	Eksperimen	<ul style="list-style-type: none"> • Persyaratan teknis & adm. 	Pengendalian dilakukan pada kegiatan iradiasi.

Dari tabel di atas tersirat bahwa parameter batasan dan persyaratan operasi sebagian besar sudah dilaksanakan pada kegiatan pengendalian terhadap persiapan sarana operasi, sebagian lagi pada pengendalian dan evaluasi pembentukan teras baru, sebagian kecil dalam kegiatan pengendalian iradiasi, dan pengendalian kualitas air primer serta pencatatan parameter sistem proteksi reaktor. Persyaratan operasi yang belum secara lengkap tersirat pada kegiatan pengendalian seharusnya dilakukan kajian secara khusus yang hasilnya diharapkan memberikan inovasi pengendalian keselamatan reaktor.

Batasan operasi reaktor pada SPR (sistem proteksi reaktor)

Pengoperasian RSG-GAS yang benar harus mengacu kepada batasan-batasan dan persyaratan keselamatan operasi RSG-GAS yang telah ditetapkan di dalam LAK. Reaktor dirancang tetap aman meskipun ada sistem atau komponen yang tidak berfungsi/gagal. Batasan dan persyaratan operasi RSG-GAS (dengan pendinginan paksa) meliputi parameter daya maksimal reaktor 34,2 MW, faktor daya radial maksimal 2,6 dan faktor daya axial 1,6¹⁾.

Tabel 2. Data Variabel SPR dan Syarat Batas Operasi Keselamatan²⁾

No	Variabel Proses	Syarat Batas Operasi	
		Proses	Setting
1	Kerapatan fluks neutron daerah start-up	min. 2 cps	1 cps
	Kerapatan fluks neutron daerah start-up	maks 1×10^5 cps	5e5 cps
	Kerapatan fluks neutron daerah menengah	min. 1×10^{-7} A	1e-7 A
	Kerapatan fluks neutron daerah menengah	Periode ≤ 5 s	15 s
	Kerapatan fluks neutron daerah daya	$< 3\%$ (P_N)	3% P_N
	Kerapatan fluks neutron daerah daya - $\Delta\phi/\Delta t$ (Neg. Floating)	Harga batas Fl. $\leq 1,5$ %/det	0
	Kerapatan fluks neutron daerah daya	Saz $\geq 0,20$	16% P_N
	Kerapatan fluks neutron daerah daya dan terkoreksi N-16, + $\Delta\phi/\Delta t$ (Pos. Floating)	Harga batas Fl. $\leq 0,5$ %/det	0
Kerapatan fluks neutron terkoreksi N-16	Φ terkoreksi ≥ 109 %	110% P_N	
2	Laju dosis- γ di dalam sistem pendingin primer	$D\gamma \geq 0,36$ rad/h	110% P_N
3	Posisi katup isolasi primer	Membuka $86,5^\circ$	87°
4	Tinggi permukaan air kolam reaktor	$h \leq 12,5$ m	12,25 m
5	Laju aliran dalam sistem pendingin primer	$M_N \leq 662,5$ kg/det	800 kg/det
6	Suhu pada keluaran penukar panas	$T \geq 42^\circ\text{C}$	42°C
7	Tegangan pada busbar daya darurat	$U \leq 0,8 U_N$	304 V
8	Laju dosis- γ di dalam sistem venting kolam reaktor	$D\gamma \geq 125$ mR/h	$1,25 \times 10^{-3}$ Gy/h
9	Penutupan sirip sirkulasi alam	$\Delta p \geq 0,60$ bar	0,7 bar

Batas keselamatan operasi RSG-GAS ini ditetapkan untuk variabel-variabel yang dapat diamati yang berkaitan dengan unjuk kerja 9 variabel proses seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai-nilai batas sebagai kriteria untuk memulai tindakan proteksi ditentukan sebagai dasar dari nilai batas yang dihasilkan dari nilai fisik yang diizinkan, dan merupakan batasan-batasan bagi kondisi instalasi yang aman. Parameter teknis batasan operasi ini diseting pada sistem SPR.

Batasan dan persyaratan administratif

Bagian-bagian sistem reaktor yang terkait dengan keselamatan dan pengoperasiannya dibatasi secara otomatis dikelompokkan dan diaplikasikan oleh SPR secara logic. Sedangkan persyaratan lain yang tidak terkait keselamatan dapat dikendalikan dengan pengukuran dan menerapkan prosedur administratif dengan mengacu pada batasan yang diijinkan dalam LAK. Sistem yang terkait dengan keselamatan diantaranya menyangkut pada sistem teras reaktor, sistem pendingin, dan eksperimen (iradiasi). Daya nominal RSG-GAS adalah 30 MW tetapi sejak tahun 1995 reaktor dioperasikan dengan daya 15 MW dengan tujuan untuk mengefisienkan penggunaannya. Panjang siklus operasi dibatasi selama 21,8 hari dengan pembangkitan daya satu teras operasi 654 MWD. Gangguan yang timbul ketika

reaktor beroperasi telah diantisipasi oleh sistem proteksi reaktor dengan cara pemadaman reaktor. *Scram* atau *shut-down* sangat dipengaruhi oleh kemampuan reaktivitas batang kendali (BK). Ketika dilakukan pergantian lima elemen bakar, satu elemen kendali juga diganti. Dari 8 elemen kendali yang difungsikan, reaktivitas totalnya dibatasi: 13,8%, reaktivitas lebih: 9,7%, reaktivitas padam minimal: 1,3%. Sedangkan sampel yang akan diiradiasi juga mendapat pengendalian secara administratif berupa ijin dan analisis keselamatannya. Sistem pendingin harus mendapat pemantauan juga yaitu kualitas air sistem primer yang meliputi pH 5 s/d 7 dan konduktivitas < 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Batasan dan persyaratan operasi senantiasa optimal dengan pengawasan melalui inspeksi, uji fungsi, dan kalibrasi. Pengawasan yang handal dapat tercapai dengan menerapkan struktur organisasi yang tepat dan tanggung jawab yang jelas dengan maksud agar kesalahan dapat segera diantisipasi, diklarifikasi, dan ditindaklanjuti.

METODOLOGI

Metode untuk mengevaluasi unjuk kerja operasi RSG-GAS diperoleh dengan cara mengidentifikasi dan mengevaluasi data operasi teras 62-66 meliputi

pembangkitan daya, kejadian scram, unjuk kerja batang kendali, dan kualitas air pendingin. Dievaluasi juga jumlah sampel yang berhasil diiradiasi selama periode tersebut dalam kaitannya dengan efektivitas pemanfaatan operasi reaktor. Penuaan komponen dievaluasi melalui program perawatan dan perbaikan.

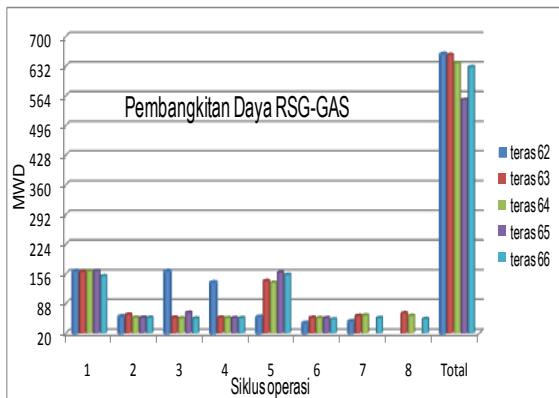
Hasil evaluasi disajikan dalam beberapa laporan dan diidentifikasi dalam kaitannya dengan keselamatan operasi. Hasil evaluasi dijadikan masukan terhadap kegiatan berikutnya.

Daya guna pengoperasian reaktor ditunjukkan dengan keberhasilan beroperasi, beragam pemanfaatan reaktor, data gangguan dan perbaikan yang efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil evaluasi unjuk kerja keselamatan operasi dan pembahasannya dilakukan terhadap lima konfigurasi teras operasi, yaitu teras LXII (Teras 62, September 2007) s/d teras LXVI (Teras 66, Februari 2009). Data-data evaluasi diperoleh dari laporan operasi reaktor dan persiapan sarana operasi Bidang Operasi Reaktor serta data pengukuran dan pengendalian Subbidang Keselamatan Operasi. Penyajian data dilakukan dengan tampilan grafik dan tabel untuk memudahkan dalam menguraikan pembahasan.

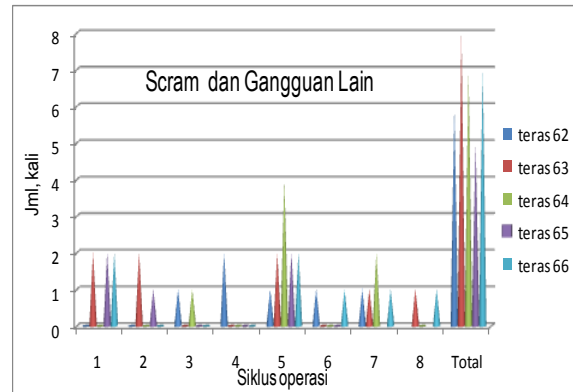
Pembangkitan daya



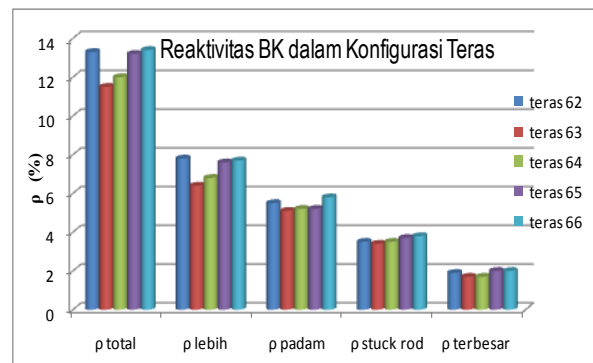
Gambar 1. Grafik Pembangkitan Daya RSG-GAS

Pembangkitan daya di setiap teras operasi dengan waktu rata-rata 11 hari dilakukan masing-masing dua kali, yaitu di siklus pertama dan siklus kelima, kecuali teras 62 dilakukan pada siklus pertama dan ketiga. Dari lima konfigurasi teras, daya terbangkitkan terbesar terdapat pada teras 62 dan teras 63, yaitu 658 MWD. Hal ini telah melebihi 3% batasan pembangkitan yang diperhitungkan. Sedangkan pembangkitan terendah terjadi pada teras 65, yakni 555 MWD. Sehingga rata-rata terbangkitkan 628 MWD dari 5 konfigurasi teras.

Jumlah siklus operasi dari setiap konfigurasi teras tidak sama, rata-rata dilakukan sebanyak 6 siklus dan maksimal 8 siklus. Jumlah pembangkitan daya dan frekuensi siklus operasi pada akhirnya ditentukan oleh jumlah permintaan iradiasi dan *research*.



Gambar 2. Grafik Frekuensi Scram dan Gangguan Lain



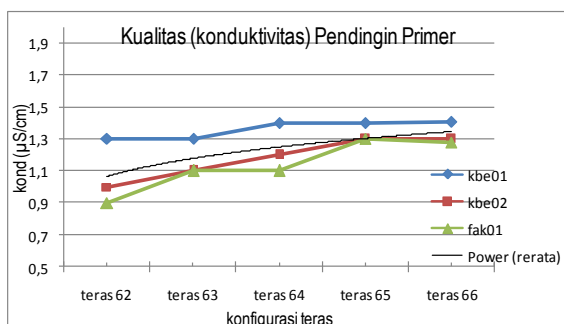
Gambar 3. Grafik Parameter Reaktivitas Batang Kendali dalam tiap Konfigurasi Teras Operasi

Scram dan gangguan lain

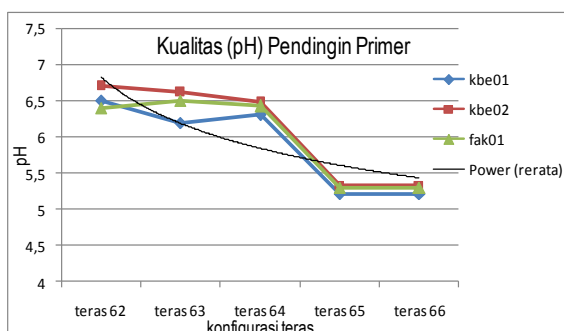
Dari grafik 2, jumlah scram dan gangguan lain yang membuat daya reaktor harus diturunkan atau *dishut-down* paling sering terjadi pada operasi teras 63, yaitu 8 kali. Sedangkan kejadian paling sering dalam satu siklus ialah pada siklus operasi ke 5 teras 64 sebanyak 4 kali. Sehingga rata-rata terjadi 1 s/d 2 kali *scram* tiap siklus. Kejadian ini diakibatkan trip daya PLN, dua kali terindikasi *negative floating limit maks* (reaktivitas negatif terlampaui), dan gangguan pada unit *armature drop JDA07*. Scram yang terjadi menunjukkan sistem keselamatan teknis masih optimal, walaupun operasi sempat berhenti namun setelah permasalahan teridentifikasi dan dapat ditanggulangi reaktor kembali dioperasikan.

Reaktivitas BK

Batang kendali RSG-GAS yang diberi kode JDA selalu diuji sebelum reaktor beroperasi ketika awal konfigurasi teras. Reaktivitas totalnya terukur rata-rata -13% masih dalam batas yang diijinkan begitu juga reaktivitas lebih rata-rata 7,7% dan reaktivitas padam rata-rata -5,4%. Reaktivitas stuck rod di bawah 4% dan reaktivitas terbesar dari batang kendali mencapai 2% pada teras 65 dan 66. Reaktivitas negatif BK yang dimiliki ini cukup aman dan mampu untuk mengendalikan populasi neutron di teras reaktor.



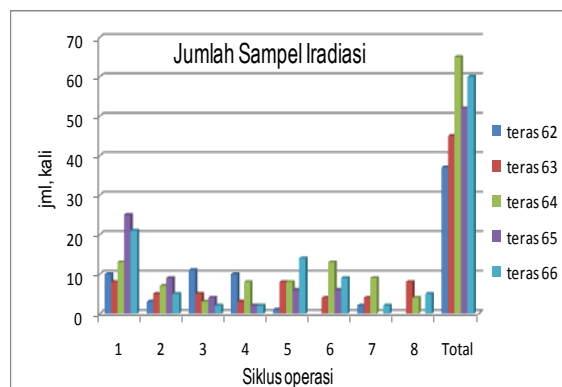
Gambar 4. Grafik Kualitas Air Sistem Pendingin Primer (Konduktivitas)



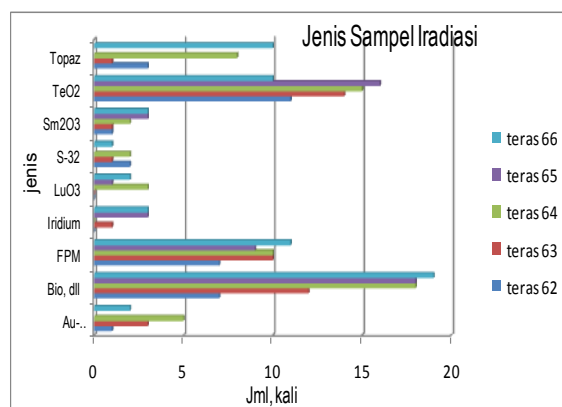
Gambar 5. Grafik Kualitas Air Sistem Pendingin Primer (pH)

Kualitas air pendingin

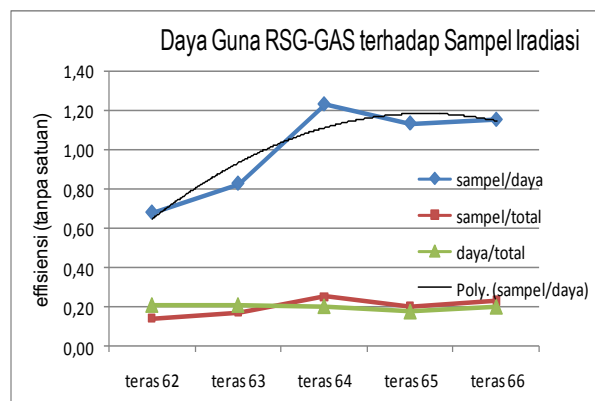
Air pendingin sistem primer RSG-GAS dihasilkan oleh sistem pemasok air GCA01 dengan parameter keasaman pH 6,5 -7,5, konduktivitas <0,2 µS/cm. Dengan sistem purifikasi maka kualitas air dipertahankan hingga berada antara pH 5 - 6,5 dan konduktivitas antara 1 – 3 µS/cm. Dari hasil pengukuran rata-rata secara kontinyu teramati pH kondisi menurun dan konduktivitas kondisi naik (Grafik 4 dan Grafik 5). Namun keduanya berada dalam batas yang aman. Kemampuan mempertahankan kualitas air pendingin reaktor dilakukan dengan pergantian filter (resin) pada sistem purifikasi.



Gambar 6. Grafik Frekuensi Sampel Iradiasi di RSG-GAS



Gambar 7. Grafik Jenis Sampel Iradiasi di RSG-GAS



Gambar 8. Grafik Daya Guna RSG-GAS terhadap Sampel Iradiasi

Sampel iradiasi

Pemanfaatan RSG-GAS yang bisa diamati adalah dari jumlah kegiatan iradiasi. Dalam setiap teras operasi dilakukan iradiasi terhadap sampel rata-rata 52 kali. Dari lima teras operasi iradiasi terbanyak dilakukan pada teras 64. Sedangkan sampel yang

paling banyak diiradiasi adalah (berurut) TeO₂, FPM, dan Topaz serta berbagai sampel biologis. Hal-hal yang menjadi persyaratan terhadap sampel yang diiradiasi diantaranya reaktivitas, aktivitas radiasi, dan jumlah serta tersedianya analisis keselamatan dari sampel tersebut. Pengawasan dan perijinan terhadap sampel tersebut dievaluasi oleh Subbidang keselamatan operasi³⁾.

Jika efisiensi operasi reaktor ditinjau dari perbandingan daya terbangkitkan dengan jumlah sampel maka menurut Grafik 8, operasi paling efisien adalah operasi teras 64 dengan angka 1,23.

Perawatan dan perbaikan sistem/komponen reaktor

Data berikut adalah hasil evaluasi terhadap kegiatan perawatan sistem dan komponen RSG-GAS pada tahun 2008.

Permintaan perbaikan dan ijin kerja (PPIK)	: Jumlah 280
Sistem yang berdampak pada operasi	: Jumlah 58
Terdiri dari : Komp mekanik: 13, Komp elektrik: 9, Komp instrumentasi: 23, Komp ketiganya: 13 Sistem/komponen (urutan paling sering):	
<ul style="list-style-type: none"> - KLK : sistem pemantau aktivitas udara dalam gedung atau udara buangan - PA : sistem pendingin sekunder - JE : sistem pendingin primer - JKT : sistem/komponen pemantau fluks neutron atau daya reaktor - KBE : sistem purifikasi pendingin primer reaktor, dst. 	
Sistem yang tidak berdampak pada operasi	: Jumlah 222
Terdiri dari : Komp mekanik: 93, Komp elektrik: 45, Komp instrumentasi: 46, Komp ketiganya: 38 Sistem/komponen (urutan paling sering):	
<ul style="list-style-type: none"> - KLA : sistem ventilasi gedung reaktor - QKJ : Sistem sumber pendingin udara dari sistem ventilasi - Komponen penerangan: lampu-lampu penerangan dalam gedung reaktor - KLK : sistem pemantau aktivitas udara dalam gedung atau udara buangan - KBE : sistem purifikasi pendingin primer reaktor - SCA : sistem distribusi udara ke tabung berkas neutron - GMA : sistem drainase lantai daerah non-aktif, dst. 	
Sistem/komponen yang paling banyak mendapat perbaikan secara umum (urutan sering ke jarang): KLA – QKJ – KLK – PA – KBE - Komponen penerangan - ,dst	

Dari data di atas, menunjukkan perbaikan terhadap berbagai sistem penunjang operasi reaktor cukup banyak seiring dengan usia komponen dan pengoperasian reaktor itu sendiri.

KESIMPULAN

Jumlah pembangkitan daya dan frekuensi siklus operasi ditentukan oleh jumlah permintaan iradiasi dan percobaan atau *research* sehingga jumlah operasi bervariasi dari 6 hingga 8 kali dengan daya dibangkitkan hingga 654 MWD dari daya operasi 15 MW.

Kejadian *scram* dan gangguan lain yang membuat operasi reaktor harus berhenti atau diturunkan dayanya menunjukkan sistem keselamatan teknis (SPR) masih optimal, gangguan ini ternyata lebih sering diakibatkan ketidakstabilan daya listrik PLN. Batang kendali RSG-GAS selalu diuji ketika awal konfigurasi teras. Reaktivitas negatif BK yang dimiliki ini cukup aman dan mampu untuk mengendalikan populasi neutron di teras reaktor.

Sistem pendingin primer RSG-GAS senantiasa mempertahankan kualitas air hingga berada antara pH 5 - 6,5 dan konduktivitas antara 1 – 3 µS/cm. Kemampuan mempertahankan kualitas air pendingin reaktor ini dilakukan dengan pergantian filter (resin) pada sistem purifikasi dan pengendalian terhadap kegiatan iradiasi.

Dalam setiap teras operasi dilakukan iradiasi terhadap sampel rata-rata sebanyak 52 kali. Sampel yang paling banyak diiradiasi secara berkesinambungan adalah TeO₂, FPM, dan Topaz serta berbagai sampel biologis. Hal-hal yang menjadi persyaratan terhadap sampel yang diiradiasi secara administratif telah dilakukan pengawasan.

Operasi RSG-GAS paling efisien menurut evaluasi adalah operasi teras LXIV (64) dengan perbandingan antara jumlah sampel yang diiradiasi terhadap besar daya yang dibangkitkan adalah 1,23.

Kondisi menuanya komponen reaktor dapat teramati dengan jumlah perbaikan yang mencapai 280 PPIK dalam satu tahun dan komponen yang berdampak terhadap operasi sekitar 21%.

Pemanfaatan RSG-GAS untuk iradiasi dan *research* harus sejalan dengan resiko operasi, perawatan dan perbaikan sistem serta dibatasi oleh parameter keselamatan. Sehingga pengoperasian sesuai Tusi lebih berdaya guna dan selamat.

PUSTAKA

1. SBKO-BK, PRSG, Laporan Analisis Keselamatan (LAK) RSG-GAS Rev. 10, No. Ident.: RSG.KK.03.04.63.08, PRSG, Serpong, 2008.
2. Jaja Sukmana, Kajian Kinerja Sistem Proteksi Reaktor dan Batas Persyaratan Operasi pada Pengendalian Operasi RSG-GAS, Prosiding SDM Tek. Nuklir, STTN, Yogyakarta, 2006.
3. Jaja Sukmana, Evaluasi terhadap Sampel Iradiasi dalam Keselamatan Operasi RSG-GAS, Prosiding Pranata Nuklir, PRSG, 2008

DISKUSI

Pertanyaan : Maskur-PRR

Pertanyaan :

- Apa yang dimaksud teras reaktor ?
- Apa perbedaan teras 62, 63, 64... 68 ?
- Apa fungsi masing-masing teras berbeda ?

Jawaban :

- Teras reaktor : wadah untuk menempatkan elemen bakar dan elemen kendali & neutron sehingga reaksi nuklir terjadi di area tersebut

- Teras 62 ... teras x : urutan siklus operasi dengan perubahan 5 elemen bakar dan 1 elemen kendali mulai teras 1 tahun 1986 s/d kini teras 68 tahun 2009
- Fungsi setiap teras : sama, yaitu pelayanan iradiasi

Pertanyaan : Sriawan

Pertanyaan :

Apa arti seting angka 1 pada penunjukkan detik pada kanal start up ? batas operasi atau batas keselamatan.

Jawaban :

Angka 1 cps sebagai setting keselamatan sehingga sebelum 2 cps reaktor belum bisa operasi karena sumber belum cukup.

Pertanyaan : Anis B-PDL

Pertanyaan :

Evaporasi semestinya mengarah moda unjuk kerja bukan hanya menampilkan data parameter operasi (perlu lebih detail untuk para meter tertentu saja)

Jawaban :

Oks saran diterima, untuk evaluasi tertentu di kesempatan yang akan datang.