

**EVALUASI KEJADIAN ABNORMAL/GANGGUAN
OPERASI REAKTOR RSG-GAS KURUN WAKTU
TAHUN 2015 - 2017**

PARDI¹, PURWADI²

^{1,2}PRSG-BATAN Kawasan Puspipstek Gd. 30 Serpong, 15310

Email : pardi@batan.go.id

Diterima Editor :

Diperbaiki :

ABSTRAK

EVALUASI KEJADIAN ABNORMAL/GANGGAUN OPERASI REAKTOR RSG-GAS KURUN WAKTU TAHUN 2015 – 2017. Reaktor sebagai fasilitas penyedia sumber neutron dapat dimanfaatkan untuk kegiatan utilisasi dengan tujuan untuk penelitian dan produksi radioisotop. Pengoperasian reaktor yang stabil tanpa mengalami gangguan teknis sangat diharapkan oleh pihak pengguna reaktor karena dapat mempengaruhi kegiatan utilisasi yang ada. Kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor dapat disebabkan oleh gangguan internal reaktor (gagal fungsi SSK reaktor), gangguan eksternal reaktor (trip/mati sesaat suplai listrik PLN, gempa bumi dan lain sebagainya)¹. Setiap kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor direspon oleh sistem proteksi reaktor (SPR) dengan mematikan reaktor secara otomatis, sehingga reaktor tetap dalam kondisi aman dan baik. Makalah ini mengevaluasi kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor RSG-GAS dengan cara menganalisis data kejadian abnormal dalam kurun waktu 2015 s/d 2017. Lingkup evaluasi ini hanya data kejadian abnormal/gangguan operasi yang disebabkan oleh gangguan internal, eksternal dan faktor kelainan operator dalam penanganan iradiasi target yang direspon oleh sistem proteksi reaktor (SPR) selama 3 tahun. Dari hasil evaluasi diketahui bahwa kejadian abnormal/gangguan yang paling dominan adalah gagalnya fungsi struktur, sistem dan komponen (SSK) reaktor. Berbagai upaya yang telah dilakukan diharapkan dapat memperbaiki kualitas pengoperasian reaktor RSG-GAS.

Kata kunci : evaluasi, kejadian abnormal/gangguan operasi;

ABSTRACT

EVALUATION OF ABNORMAL EVENT /DISTURBANCE IN RSG-GAS REACTOR OPERATIONS WITHIN PERIOD OF 2015 - 2017. *The reactor as a neutron source provider facility can be utilized for utilization activities for the purpose of research and production of radioisotopes. The operation of a stable reactor without technical disturbance is desirable to the users as it may affect the existing utilization activities. Abnormal events / interruption of reactor operation can be caused by internal disturbance of reactor (function failure of reactor's system, structure and components), external disturbance of reactor (trip / shut down moment of PLN's electricity supply, earthquake and so on). Any abnormal events / disturbances in reactor operation are responded by the reactor protection system (RPS) by automatically shutting down the reactor, so the reactor remains in safe and good condition. This paper evaluates the abnormal / disturbances in operation of the RSG-GAS reactor by analyzing abnormal event data within 2015 to 2017. The scope of this evaluation is only abnormal events / operational disturbances caused by internal, external and human error in*

handling irradiation target that responded by the RPS for 3 years. From the result of evaluation, it is known that the function failure of the structure, system and component is the most dominant abnormal occurrence in the reactor operation. Various efforts have been made is expected to improve the quality of RSG-GAS reactor operation.

Keywords: *evaluation, abnormal events / disturbances of operation,*

PENDAHULUAN

Reaktor RSG-GAS merupakan fasilitas penyediaan sumber neutron dengan fluks neutron rerata 2×10^{14} n/cm²s. Sebagai fasilitas penyedia sumber neutron, pengoperasian reaktor dapat dimanfaatkan oleh pihak pengguna untuk kegiatan utilisasi dengan tujuan untuk penelitian dan produksi radioisotop. Pengoperasian reaktor yang stabil tanpa mengalami gangguan teknis sangat diharapkan oleh pihak pengguna reaktor karena mempengaruhi kegiatan utilisasi yang ada. Operasi reaktor yang stabil/bebas gangguan merupakan wujud baik dari kinerja struktur, sistem dan komponen (SSK) reaktor yang meliputi sistem pendingin, sistem purifikasi, sistem ventilasi, sistem proteksi radiasi dan sistem proteksi reaktor (SPR) beroperasi pada rentang harga batas operasi (BKO) sistem yang sudah ditentukan. Sebaliknya kejadian abnormal/gangguan operasi dapat terjadi manakalah unjuk kerja dari struktur, sistem dan komponen (SSK) reaktor tidak beroperasi pada harga batas operasi (BKO) sistem yang sudah ditentukan. Pada reaktor RSG-GAS kejadian abnormal/gangguan operasi dikelompokkan menjadi dua kelompok gangguan yaitu internal dan eksternal. Kejadian abnormal/gangguan operasi internal adalah gangguan yang disebabkan gagal fungsinya SSK reaktor yang terkait sistem keselamatan operasi, sedangkan kejadian abnormal/gangguan operasi eksternal adalah yang disebabkan oleh faktor luar sistem reaktor, seperti trip/mati sesaat catu daya utama listrik PLN, gempa bumi dan sebagainya.¹⁾ Sistem proteksi reaktor (SPR) berfungsi sebagai sistem keselamatan merespon kejadian tersebut dengan

mematikan reaktor secara otomatis ketika harga batas operasi (BKO) parameter sistem keselamatan terlampaui, sehingga reaktor tetap dalam kondisi aman dan selamat.

Evaluasi kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor RSG-GAS dilakukan dengan cara menganalisis data operasi reaktor dalam kurun waktu 2015 s/d 2017. Lingkup yang dievaluasi adalah data kejadian abnormal/gangguan operasi yang disebabkan oleh gangguan internal, eksternal dan faktor kelainan operator dalam penanganan iradiasi target yang direspon oleh sistem proteksi reaktor (SPR) selama 3 tahun. Hasil evaluasi diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai operasi reaktor dan dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk perbaikan kinerja operator reaktor dalam pengoperasian reaktor RSG-GAS.

DASAR TEORI

Pengoperasian reaktor nuklir dapat berlangsung apabila seluruh persyaratan operasi baik persyaratan administrasi maupun persyaratan teknis sudah terpenuhi. Namun demikian kelancaran operasi reaktor sangat tergantung dengan kinerja sistem operasi maupun sistem keselamatan. Sistem operasi maupun sistem keselamatan sangat dipengaruhi oleh keandalan dari struktur, sistem dan komponen (SSK) reaktor dan pelaksana operasi reaktor. Selain itu gangguan yang terjadi pada pengoperasian reaktor adalah suplai listrik dari PLN sering trip dan mati sesaat. Suplai listrik dari PLN merupakan sumber catu daya utama untuk kelangsungan operasi reaktor. Agar gangguan operasi reaktor dapat diatasi, maka pada sistem keselamatan reaktor dilengkapi dengan sistem proteksi reaktor (SPR). SPR

akan mengantisipasi gangguan tersebut secara cepat dan tepat dengan waktu tanggap kurang dari 400 ms untuk menghentikan reaksi fisi berantai didalam teras reaktor dengan cara menjatuhkan batang kendali. Proses ini disebut dengan reaktor *scram*, baik secara manual maupun secara otomatis.

Sistem reaktor terdiri dari sistem operasi dan sistem keselamatan. Sistem operasi adalah sistem proses pendukung operasi reaktor. Sistem keselamatan adalah sistem yang berfungsi untuk menjamin tercapainya kondisi keselamatan dan selalu tersedia setiap waktu untuk mengambil tindakan pengamanan bila terjadi gangguan atau kegagalan operasi reaktor. Sistem keselamatan bertugas untuk menghentikan reaksi fisi berantai diteras reaktor dan mencegah berkembangnya risiko kecelakaan.

Sistem keselamatan terdiri dari sistem keselamatan pasif dan sistem keselamatan aktif.¹⁾ Sistem keselamatan pasif adalah sistem keselamatan yang terpasang permanen dan tidak memerlukan sinyal pemicu untuk mengfungsikannya. Sedangkan sistem keselamatan aktif atau fitur keselamatan teknis (*engineered safety feature, ESF*) adalah sistem keselamatan yang berfungsi jika mendapat picu dari sistem proteksi reaktor (SPR).

SPR menerima sinyal dari sistem pengukuran dan mengawasi parameter pengukuran tersebut. SPR mengambil tindakan secara otomatis dengan memadamkan reaktor atau mengaktifkan sistem keselamatan lain, bila parameter tersebut melewati batas keselamatanyang diizinkan.

SPR berbasis pada prinsip redundansi dan diversifikasi yang ditempatkan di dalam gedung reaktor pada 3 ruangan yang berbeda. Konsep redundansi yang diimplementasikan terdiri dari konsep 2 dari 3 dan 1 dari 2. Tindakan pengamanan berlaku apabila minimal dua dari tiga redundan (2v3) atau satu dari dua redundan (1v2) melampaui batas seting yang diizinkan, maka reaktor akan dimatikan secara otomatis.

Catu daya listrik SPR dipasok oleh 3 sistem catu daya tak terputus,yang memiliki tegangan suplai ± 24 Volt. Sistem pasokan catu daya SPR diamankan oleh sistem redundansi 2-dari-3 jalur distribusi, dengan jaringan terpisah.

Rancangan Sistem Proteksi Reaktor (SPR) RSG-GAS terdiri dari :²⁾

1. Sistem kanal pengukuran analog terdiri dari *transmitter* dan *transducer* berbasis pada konsep redudansi 2 dari 3, artinya 2 kanal pengukuran harus mampu berfungsi memenuhi kinerjanya dari 3 kanal pengukuran yang tersedia.
2. Bagian analog yang terdiri dari rangkaian pengolah data analog, berbasis konsep redudansi 2 dari 3.
3. Bagian logika yang berisi rangkaian pengolah sinyal analog ke digital/biner berbasis konsep redundansi 2 dari 3. Sinyal dari bagian analog diproses menjadi biner bila melampaui harga batas keselamatan. Informasi tersebut digunakan untuk menentukan tindakan protektif melalui sistem 6 kontak.

Tindakan protektif yangdiberikan oleh sistem proteksi reaktor RSG-GAS adalah: ²⁾

1. Reaktor start-up interlocking; yakni untuk mencegah agar reaktor tidak dapat dioperasikan apabila :
 - a. Katup sirkulasi alam belum tertutup.
 - b. Fluks neutron minimum pada jangkauan *start-up* tidak terlampaui.
 - c. *Pulse rate* pada jangkauan *start-up* terlalu tinggi dan bila fluks neutron minimum tidak dilampaui pada jangkauan menengah.
2. Reaktor *trip* atau *scram*, yakni memberikan perintah secara otomatis mematikan reaktor,apabila :
 - a. Rapat fluks pada jangkauan *start-up*. (1v2).
 - b. Rapat fluks pada jangkauan menengah (1v2).
 - c. Periode reaktor pada jangkauan menengah (1v2).
 - d. Rapat fluks neutron terkoreksi N¹⁶ pada jangkauan daya (2v3).

- e. Bila transien positif pada rapat fluks neutron terkoreksi N-16 (positif *floating limit value*) (2v3).
 - f. Transien negatif pada rapat fluks neutron terkoreksi N-16 (*negatif floating limit value*) (2v3).
 - g. Sinyal pengukuran beban tak seimbang (2v3).
 - h. Laju Dosis- γ sistem pendingin primer (2v3).
 - i. Harga batas laju aliran massa di dalam sistem pendingin primer (2v3).
 - j. Suhu pada keluaran sistem penukar panas (2v3).
 - k. Ketinggian permukaan air di kolam reaktor (2v3).
 - l. Pembukaan katup isolasi sistem pendingin primer(2v3).
 - m. Pelepasan aktivitas radiasi sistem ventilasi kolam reaktor (2v3).
3. Ragam Keselamatan Teknis
- a. Isolasi gedung reaktor secara otomatis terjadi, apabila dua dari tiga redundansi kanal pengukuran aktivitas radiasi pada sistem ventilasi kolam reaktor melampaui harga batas maksimum yang diizinkan.
 - b. Isolasi sistem pendingin primer dan sistem bantu kolam reaktor secara otomatis terjadi, apabila dua dari tiga redundansi kanal pengukuran ketinggian air kolam reaktor melampaui harga batas minimum yang diizinkan.
 - c. *Start-up* (pengoperasian) disel darurat secara otomatis terjadi, apabila

redundansi kanal pengukuran tegangan listrik PLN turun melampaui harga batas minimum yang diizinkan.

TATA KERJA

Penyusunan makalah ini dimulai dari studi literatur tentang deskripsi SPR dan buku induk operasi reaktor RSG-GAS dalam kurun waktu tahun 2015 hingga dengan tahun 2017 sebagai tahun pengamatan. Data yang dikumpulkan adalah kejadian abnormal/gangguan operasi yang direspon oleh SPR mulai dari siklus operasi No: 87 hingga siklus operasi No: 93. Selanjutnya dilakukan identifikasi penyebab kejadian abnormal/gangguan operasi; Apakah berasal dari dalam instalasi seperti adanya kegagalan struktur, sistem dan komponen (SSK) reaktor atau gangguan berasal dari luar instalasi, seperti *trip* dari catu daya listrik PLN, gempa bumi dan lain sebagainya, dan juga data gangguan yang disebabkan oleh faktor kesalahan manusia (operator). Setelah diperoleh data kejadian abnormal/gangguan, kemudian dilakukan evaluasi dan pembahasan guna memperoleh kesimpulan. Data yang disajikan dalam bentuk Tabel dan Grafik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengumpulan data kejadian abnormal/gangguan operasi mulai dari siklus operasi No: 87 hingga siklus operasi No: 93 diperlihatkan pada Tabel 1, berikut :³⁾

Tabel.1. Data Kejadian Abnormal/Gangguan Operasi Reaktor Tahun 2015 sampai Tahun 2017 (Siklus Operasi No: 87, 88, 89,90, 91, 92, 93)

No.	Gangguan/Kejadian		Jenis Gangguan	Akibat Yang ditimbulkan
	Tanggal	Jam (WIB)		
1.	26-01-2015	13.45	Pompa PA02 CP01 Low	Pompa PA02 AP01 mati
2.	23-02-2015	09.25	Pengukuran JKT02 CX821 osilasi	Reaktor scram
3.	25-03-2015	21.20	JKT03 CX821 tiba-tiba drop, <i>unbalance load</i> muncul	Reaktor scram

Tabel 1. Lanjutan

No.	Gangguan/Kejadian		Jenis Gangguan	Akibat Yang ditimbulkan
	Tanggal	Jam (WIB)		
4.	02-04-2015	16.16	Tegangan listrik PLN drop sesaat	Pompa sistem pendingin primer mati, reaktor scram dari Flow Min
5.	20-05-2015	16.42	Respon JKT02 lambat saat reaktor operasi, <i>unbalance load</i> muncul	Reaktor scram
6.	12-06-2015	17.18	Listrik PLN drop sesaat	Reaktor scram
7.	07-08-2015	20.38	Listrik PLN tegangan drop sesaat	Reaktor Scram
8.	10-08-2015	11.25	JKT03 penunjukan tiba-tiba turun, timbul <i>unbalance load max</i>	Reaktor scram
9.	12-08-2015	20.38	JKT03 penunjukan tiba-tiba turun, timbul <i>unbalance load max</i>	Reaktor scram
10.	25-08-2015	21.26	JKT03 penunjukan tiba-tiba turun, timbul <i>unbalance load max</i>	Reaktor scram
11.	28-09-2015	17.06	Saat buka katup sistem KWA01 (sistem <i>beam tube</i>)	Reaktor sram dari penunjukan salah satu JKT03 tidakimbang (<i>unbalance load max</i> muncul)
12.	05-10-2015	09.32	Tegangan listrik PLN drop sesaat	Pompa primer mati, reaktor scram dari "Flow min"
13.	08-10-2015	09.17	JKT03 penunjukan tiba-tiba turun, timbul <i>unbalance load max</i>	Reaktor scram
14.	12-10-2015	10.50	JKT03 penunjukan tiba-tiba turun (drop)	<i>unbalance load max</i> timbul Reaktor scram
15.	27-10-2015	02.00	Batang kendali Reg-Rod tidak bisa operasi otomatis/macet	Reaktor di scram
16.	02-12-2015	17.00	Power suplay untuk batang kendali Reg-Rod <i>fault</i>	Reaktor tidak jadi operasikan
17.	10-12-2015	16.00	Tegangan untuk JKT02 CX821 <i>fault</i>	Reaktor scram
18.	18-12-2015	10.01	"Perioda Min" muncul saat reaktor <i>distart-up</i>	Reaktor scram

Tabel 1. Lanjutan

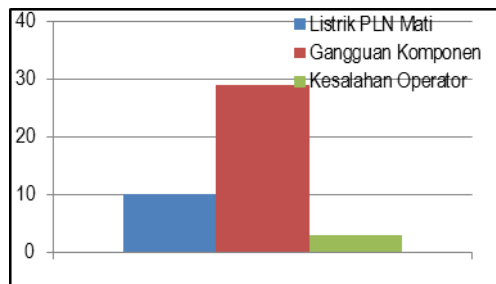
No.	Gangguan/Kejadian		Jenis Gangguan	Akibat Yang ditimbulkan
	Tanggal	Jam (WIB)		
19	18-01-2016	20.48	JKT03 CX821 penunjukannya Osilasi	Reaktor Scram
20	20-01-2016	09.43	Batang kendali (JDA) tiba-tiba jatuh	Reaktor Scram
21	25-01-2016	08.37	Batang kendali (JDA) tiba-tiba jatuh	Reaktor Scram
22	03-02-2016	11.36	JKT03 CX811 penunjukannya Osilasi	Reaktor Scram
23	04-02-2016	13.24	Trip listrik PLN	Pompa PA01 AP01 mati
24	20-02-2016	03.35	Penunjukan JKT03 CX811/821, cenderung naik terus	Penunjukan <i>Unbalance load</i> naik jadi 10%
25	22-03-2016	13.28	Listrik PLN mati sesaat	Reaktor Scram
26	22-03-2016	14.30	Pengukuran JKT03 CX811 kecepatan	Anbalance load naik > 16% reaktor scram
27	07-05-2016	12.17	JDA07 jatuh sendiri	Reaktor Scram
28	08-05-2016	16.24	lampu <i>Take Over</i> tdk menyala saat pindah daya	Reaktor Scram
29	15-05-2016	13.31	JDA07 jatuh sendiri	Reaktor Scram
30	24-05-2016	00.00	Listrik PLN mati sesaat	pompa PA01 dan PA03 mati
31	20-06-2016	14.16	JKT02 CX811 Osilasi	Reaktor Scram
32	24-06-2016	12.40	JKT02 CX811 Osilasi	Reaktor Scram
33	18-07-2016	08.02	JDA04 Jatuh	Reaktor Scram
34	15-08-2016	14.06	Listrik PLN mati sesaat	Reaktor Scram
35	17-08-2016	14.45	Tekanan pompa PA03 CP001 max	pompa mati
36	24-03-2017	14.44	Listrik PLN mati sesaat	Reaktor Scram
37	25-03-2017	07.24	Penanganan target	Reaktor Scram
38	21-05-2017	09.37	Batang kendali (JDA03) macet	Reaktor dipadamkan
39	03-06-2017	17.17	Penanganan Target	Reaktor Scram
40	09-06-2017	10.22	Ganti operasi pompa JE01	Reaktor dipadamkan
41	07-07-2017	07.25	Penanganan target	Reaktor Scram
42	20-08-2017	15.35	Listrik PLN mati sesaat	Reaktor Scram

Dari data Tabel.1 diatas disederhakan menjadi data Tabel.2 sebagai berikut;

Tabel 2. Data kejadian abnormal/gangguan operasi siklus operasi No: 87 sampai dengan siklus operasi No:93.

No.	Siklus Operasi	Pemicu kejadian Abnormal/gangguan			Jumlah Kejadian Abnormal/gangguan
		Listrik PLN Trip/mati	Gangguan komponen	Kesalahan operator	
1	87	1	3	-	4
2	88	2	4	-	6
3	89	1	7	-	8
4	90	2	7	-	9
5	91	2	6	-	8
6	92	1	-	1	2
7	93	1	2	2	5
	Total	10	29	3	42

Dari data Tabel 2. digambarkan grafik pemicu kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor pada siklus operasi No:87 s/d No: 93 (Januari 2015 – Agustus 2017), seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor RSG-GAS

Selama siklus operasi No: 87 sampai dengan No: 93 telah terjadi 42 kali kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor yang direspon oleh SPR secara otomatis. Penyebab kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor dapat dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu kegagalan karena pasokan daya listrik PLN (10 kasus), kesalahan operator (3 kasus), dan kegagalan fungsi struktur, sistem dan komponen (SSK) yang terkait dengan SPR (29 kasus).

Sistem listrik reaktor RSG-GAS dirancang untuk mampu memasok beban listrik ke SSK reaktor yang terdiri dari berbagai klasifikasi keselamatan. Yang dimaksud operasi normal adalah keadaan dimana catu daya listrik PLN pada tegangan nominal 220 Volt atau 380 Volt dengan frekuensi 50 Hz stabil. Tegangan listrik ini selalu dipantau oleh SPR yang bekerja dengan sistem redundansi 2 dari 3 (2V3), SPR akan merespon setiap gangguan tegangan listrik yang terjadi seperti; terjadi fluktuasi tegangan < 20 % tegangan nominal ($Voltage U \leq 0,8*U_n$), fluktuasi frekuensi > 2 % dan putus aliran sesaat (kedip). Berdasarkan waktu gangguan listrik PLN yang terjadi pada data kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor (10 kasus) dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok kejadian yaitu:

1. Putus aliran sesaat (kedip) listrik PLN jangka waktu < 2 detik. Lampu indikator ($Voltage U \leq 0,8*U_n$) pada sistem BNA/BNB/BNC tidak menyala pada panel tegak RRU akan tetapi menyebabkan pompa pendingin sekunder (PA01 AP01 dan PA03 AP01) mati (2 kasus), daya reaktor diturunkan ke tingkat daya aman, sambil mengoperasikan pompa cadangan sistem pendingin sekunder, setelah sistem pendingin sekunder kembali normal operasi, kemudian daya reaktor dinaikan ke tingkat daya semula.

2. Putus aliran sesaat (mati) listrik PLN jangka waktu > 2 detik. Lampu indikator (*Voltage* $U \leq 0,8 \cdot U_n$) pada sistem BNA/BNB/BNC dan lampu indikator (*system voltage not exist*) pada sistem BHD/BHE/BHF menyala pada panel tegak RKU, menyebabkan pompa pendingin primer mati, sistem proteksi reaktor (SPR) merespon kejadian tersebut dengan tindakan otomatis mematikan reaktor dari sinyal *mass flow < min* pada sistem pendingin primer (8 kasus). Pada waktu bersamaan 3 detik setelah kejadian sistem pembangkit catu daya darurat disel (BRV10/20/30) beroperasi secara otomatis. Jika suplay listrik PLN sudah tersedia kembali lampu indikator (*system voltage exist on*) pada sistem BHD/BHE/BHF menyala, sistem pembangkit catu daya darurat disel (BRV10/20/30) dapat dimatikan secara manual di lokasi sistem. Operator reaktor menormalkan kembali sistem pendingin primer dan sistem lainnya. Supervisor reaktor mengkaji dan menganalisis kejadian tersebut dan memutuskan apakah reaktor aman untuk dioperasikan kembali atau tidak. Jika ada sistem keselamatan yang gagal fungsi akibat listrik PLN mati, maka reaktor tidak dilanjutkan operasi dan biarkan sistem pendingin primer dan sekunder tetap hidup untuk mengambil panas sisa. Jika sistem yang terkait keselamatan dapat beroperasi secara normal, maka reaktor dapat dioperasikan kembali menuju daya semula.

Untuk menjaga operasi reaktor dapat terlaksana sesuai jadwal operasi, maka penanggungjawab sistem elektrik reaktor (BPR) memasang alat *delay off timer* pada pompa pendingin sekunder. Dengan pemasangan alat tersebut diharapkan pompa tidak mati saat terjadi kedip listrik PLN dengan waktu < 2 detik.

Sub bidang perencanaan operasi reaktor telah mengirim surat dengan melampirkan jadwal operasi reaktor setahun ke pihak manajemen PLN cabang Tangerang, untuk

tidak melakukan perawatan sistem listrik pada saat jadwal reaktor beroperasi. Dari kedua solusi tersebut diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang terjadi.

Kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor yang disebabkan oleh kesalahan operator terjadi sebanyak (3 kasus) terjadi pada saat reaktor beroperasi stabil pada daya tertentu. Pada saat operator reaktor melakukan kegiatan *loading-unloading* target batu topaz dari posisi iradiasi di teras reaktor, terjadi perubahan daya reaktor karena perubahan reaktivitas di dalam teras reaktor. Pemasukan target iradiasi batu topaz yang mempunyai reaktivitas positif $\pm 0,16 \%^{3)}$ ke dalam teras reaktor sama dengan menambah reaktivitas positif ke teras reaktor dan membuat reaktor menjadi super kritis kemudian daya reaktor akan naik secara spontan. Untuk menjaga keselamatan dalam pengoperasian reaktor dengan desain kecepatan batang kendali yang sudah diatur sedemikian rupa, maka pada reaktor RSG-GAS dipasang SPR pada kanal pengukuran fluks neutron jangkauan daerah daya parameter *floating limit value (FLV)* yang berfungsi untuk membatasi kecepatan kenaikan/penurunan daya reaktor secara spontan. Jika operator reaktor melakukan *loading-unloading* target topaz dengan cepat, maka reaktivitas positif/negatif yang dimiliki batang kendali tidak mencukupi untuk mengkompensasi reaktivitas positif/negatif yang diberikan oleh target ke teras reaktor, sehingga sistem *FLV* akan mengambil tindakan pemadaman reaktor secara otomatis. Untuk menjaga agar kejadian abnormal/gangguan operasi tersebut tidak terulang kembali, maka pada saat melakukan pekerjaan *loading-unloading* sampel/target topaz, operator reaktor harus memperhatikan display daya yang sudah tersedia.

Kejadian abnormal/gangguan operasi yang disebabkan oleh gagal fungsi struktur, sistem dan komponen (SSK) reaktor sebanyak (29 kasus). Dari data gangguan tersebut, penyebab kejadian dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Gagal fungsi sistem pengukuran neutron daerah *Intermediate range* (JKT02 CX811, JKT02 CX821) penunjukan osilasi sebanyak (4 kasus).
 2. Gagal fungsi sistem pengukuran neutron pada daerah daya (JKT03 CX811, JKT03 CX821) penunjukan osilasi dan cenderung turun sebanyak (10 kasus)
 3. Gagal fungsi sistem batang kendali/penyerap (*absorber*) neutron (JDA07 = 4 kasus, JDA03 = 1 kasus, JDA04 = 1 kasus), total kejadian sebanyak (6 kasus)
 4. Gagal fungsi sistem *take over*, lampu tidak menyala saat *take over* daya dari daya menengah (*intermediate*) ke tingkat daya tinggi, sebanyak (1 kasus)
 5. Periode minimum, muncul saat reaktor *start-up* sebanyak (1 kasus)
 6. Buka-tutup katup sistem KWA01 (*beam tube*) saat reaktor sedang operasi daya 15 MW sebanyak (1 kasus)
 7. Lampu indikator tekanan (CP) pompa sistem sekunder (PA02 CP001), muncul *low* pompa PA02 AP01 mati sebanyak (1 kasus).
- b. Mencari resistor yang mengatur nilai gain pada *amplifier* JKT02 CX811, dan kemudian merubah dan mencatat nilai gain-nya⁴.

Kedua solusi tersebut telah dilaksanakan oleh staf sub bidang instrumentasi dan kendali reaktor (BPR), hasilnya sangat signifikan terhadap perubahan alat ukur JKT02 CX811/CX821 dan JKT03 CX 811/CX821, mulai dari teras ke 92 (T-92) akhir Tahun 2016 penunjukan tidak terjadi lagi osilasi. Adapun penunjukan JKT03 CX811 lambat naik saat operasi daya diatas 5 MW, sehingga menyebabkan *unbalance load* naik hingga mencapai 7 % daya karena proses pengosongan *beam tube* (S-4, S-5) belum sempurna (belum kosong sempurna), seiring waktu *beam tube* akan benar-benar kosong dan penunjukan JKT03 CX811 akan sama dengan penunjukan JKT03 lainnya dan penunjukan *unbalance load* = ± 1 % (normal). Untuk kejadian buka-tutup katup sistem KWA01 (*beam tube*) saat reaktor sedang operasi daya 15 MW. Pada waktu yang akan datang tidak diperkenankan untuk melakukan percobaan saat reaktor sedang beroperasi daya, karena memiliki pengaruh besar terhadap pengukuran reaktivitas JKT03 yang terdekat dengan *beam tube* yang dikosongkan, sehingga indikator *fault* pengukuran *unbalance load* akan muncul pada SPR serta memadamkan reaktor secara otomatis.

Pada kejadian abnormal/gangguan operasi yang disebabkan oleh batang kendali (JDA03, JDA04, JDA07) jatuh sendiri, pihak perawatan sistem reaktor (BPR), sub bidang Instrumentasi dan Kendali reaktor telah dilakukan pengantian *socket* pada sistem batang kendali, pengantian tersebut selesai pada pertengahan 2017. Setelah dilakukan penggantian, kejadian serupa tidak terjadi lagi.

KESIMPULAN

Dari Evaluasi kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor RSG-GAS periode siklus operasi No: 87 s/d No: 93 (01 Januari 2015 -

Dari beberapa kejadian tersebut diatas, menunjukkan bahwa kinerja struktur, sistem dan komponen (SSK) reaktor sudah mulai menurun. Terkait dengan kejadian ini pihak manajemen PRSG, telah mengadakan Workshop Manajemen Teras dan Instrumentasi reaktor RSG-GAS pada awal Mei 2016, dengan mengundang pakar Manajemen teras dan Instrumentasi nuklir Bapak Liem Peng Hong sebagai nara sumber. Hasil Workshop Manajemen Teras dan Instrumentasi reaktor RSG-GAS merekomendasikan beberapa solusi sebagai berikut:

Ekperimen/Kegiatan yang perlu dilakukan dalam jangka pendek dan panjang

- a. Penyesuaian *gain* sebesar satu dekade terhadap tiga detektor JKT03 yang lain selain JKT03 CX821 dengan mengganti besarnya resistor pada channel 1 *switch range*.

31 Agustus 2017) dapat disimpulkan bahwa kejadian abnormal/gangguan operasi reaktor RSG-GAS yang paling dominan adalah gagalnya fungsi struktur, sistem dan komponen (SSK) reaktor, yaitu sebanyak (29 kasus), hal tersebut terkait dengan reaktor yang telah mengalami *ageing* sehingga kinerja sistem jadi menurun. Terlepas dari permasalahan tersebut, SPR tetap dapat melaksanakan tugasnya dengan mengamankan operasi reaktor dengan melakukan *scram* otomatis. Berbagai upaya telah dilakukan oleh PRSG dalam rangka memperbaiki kualitas dari keseluruhan pengoperasian reaktor RSG-GAS. Hasil evaluasi diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai operasi reaktor dan dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk memperbaiki kinerja pengoperasian reaktor RSG-GAS.

SARAN

1. Perbaikan/perawatan struktur, sistem dan komponen (SSK) sesuai jadwal perawatan

yang ada dapat memperbaiki kinerja operasi reaktor.

2. Revitalisasi untuk mengembalikan fungsi SSK sesuai desain awal dapat dijadikan solusi jangka panjang pengoperasian reaktor RSG-GAS.

DAFTAR PUSTAKA

1. Iman Kuntoro, "Keselamatan Reaktor" Diktat Pelatihan Inspeksi Keselamatan Teknis, Pusdiklat-BATAN. Jakarta Th.2002.
2. PRSG-BATAN, "Laporan Analisis Keselamatan Reaktor RSG-GAS" Revisi 10. Jakarta Th 2010.
3. PRSG-BATAN, "Buku Induk Operasi Reaktor RSG-GAS No. 312 - 342". Jakarta Th. 2015 s/d 2017.
4. PRSG-BATAN "Resume Workshop Manajemen Teras Dan Instrumentasi Reaktor RSG-GAS" Serpong Tahun 2016