

## **MODIFIKASI SISTEM PENGOPERASIAN KATUP SELENOID BEAM TUBE S-2 REAKTOR RSG-GAS**

PURWADI<sup>1</sup>, PARDI<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>PRSG-BATAN Kawasan Puspiptek Gd. 30 Serpong, 15310

Email : [purwadi14@batan.go.id](mailto:purwadi14@batan.go.id)

Diterima Editor :

Diperbaiki :

### **ABSTRAK**

**MODIFIKASI SISTEM PENGOPERASIAN KATUP SELENOID BEAM TUBE S-2 REAKTOR RSG-GAS.** Reaktor RSG-GAS adalah reaktor riset yang memiliki fasilitas iradiasi untuk pengujian produk industri dengan teknik radiografi neutron yang terpasang pada *beam tube* S-2. Pengujian bertujuan untuk mengamati struktur internal dari obyek dengan cara tidak merusak (*non destructive*) menggunakan metode film. Untuk memanfaatkan berkas neutron pada *beam tube* S-2 maka air yang berada dalam dalam *beam tube* tersebut harus dikosongkan dengan membuka katup selenoid *draining* KWA01 AA011 sebelum reaktor dioperasikan. Terjadi kerusakan katup selenoid *draining* KWA01 AA011 tidak bisa dibuka maka air dalam *beam tube* S-2 tidak bisa dikosongkan sehingga *beam tube* S-2 tidak bisa dimanfaatkan karena tidak ada berkas neutron yang memancar. Untuk mengganti katup selenoid *draining* KWA01 AA011 memerlukan biaya sangat mahal dan pekerjaan sangat sulit karena harus membongkar seluruh *shielding* dan peralatan *beam tube* S-2. Telah dilakukan modifikasi sistem pengoperasian katup selenoid *beam tube* S-2 menggunakan jalur pengosongan yang terdapat pada *beam tube* S-5 dengan membuka katup selenoid *inlet* KWA01 AA027 dan *draining* KWA01 AA029 sehingga air dalam *beam tube* S-2 mengalir melalui *beam tube* S-5. Dengan perubahan sistem pengoperasian ini neutron memancar dengan baik dalam *Beam tube* S-2 sebesar  $10^6$  s/d  $10^7$  cps dan siap untuk eksperimen. Perubahan sistem pengoperasian katup selenoid bisa dipergunakan sementara sebelum katup selenoid *draining* KWA01 AA011 yang rusak diganti.

**Kata kunci:** modifikasi, sistem pengoperasian, katup selenoid, *beam tube*

### **ABSTRACT**

**MODIFICATION OF OPERATION SYSTEM VALVES SOLENOID BEAM TUBES-2 RSG-GAS REACTORS.** RSG-GAS reactor is a research reactor which has irradiation facility for industrial product testing with neutron radiography technique mounted on *beam tube* S-2. Testing aims to observe the internal structure of the object in a non destructive manner using the film method. To utilize the neutron *beam tube* in S-2, the water inside the *beam tube* must be emptied by opening the selenoid valve *draining* KWA01 AA011 before the reactor is operated. Damage of selenoid valve *draining* KWA01 AA011 can not be opened then the water in the S-2 *beam tube* can not be emptied so that the S-2 *beam tube* can not be used because there is no radiating neutron beam. To replace the valve selenoid *draining* KWA01 AA011 requires very expensive and very difficult work because it must disassemble the whole

*shielding and S-2 beam tube equipment. Modification on the S-2 beam tube selenoid valve system has been performed using draining line provided on the S-5 beam tube by opening KWA01 AA027 inlet and draining KWA01 AA029 so that the water in the S-2 beam tube flows through S-5 beam tube. With this operating system change the neutrons radiate well in beam tube S-2 of  $10^6$  s/d  $10^7$  cps and ready for experimentation. This test it can be concluded that changes in the operating system of selenoid valve can be used temporarily before the damaged KWA01 AA011 selenoid valve is replaced.*

**Keywords:** modifikasi, operating system, solenoid valve, beam tube

## PENDAHULUAN

Reaktor riset merupakan alat utama BATAN dalam melaksanakan tugas penguasaan teknologi nuklir dan pemanfaatannya bagi masyarakat, oleh karena itu BATAN harus selalu mempunyai reaktor riset yang beroperasi secara aman dan efisien.<sup>[1]</sup> Satu diantara reaktor tersebut adalah RSG-GAS yang dilengkapi dengan 6 fasilitas eksperimen berkas neutron yaitu *beam tube* S-1, S-2, S-3, S-4, S-5 dan S-6. Masing-masing *beam tube* tersebut bila akan digunakan untuk eksperimen, terlebih dahulu air yang berada di dalamnya harus dikosongkan agar terpancar berkas neutron dan bila tidak dimanfaatkan harus diisi dengan air untuk perawatan agar tidak terjadi korosi dan kerak terhadap sistem pemipanya. Untuk tujuan tersebut masing-masing *beam tube* dilengkapi dengan 4 katup solenoid.<sup>[2]</sup> Fasilitas radiografi neutron telah terpasang pada *beam tube* S-2 reaktor RSG-GAS sejak tahun 1992 bersama-sama dengan peralatan hamburan neutron lainnya. Peralatan tersebut telah banyak dimanfaatkan untuk menguji kualitas bahan dengan metode langsung menggunakan film sebagai detektornya.<sup>[3]</sup> Pada tahun 2016 *beam tube* S-2 tidak bisa digunakan untuk eksperimen karena tidak ada berkas neutron akibat dari salah satu katup solenoidnya rusak yaitu katup *draining* KWA01 AA011, sehingga air yang berada di dalamnya tidak bisa dikosongkan.<sup>[4]</sup>

Pertengahan tahun 2016 Ka. PRSG beserta staf penanggungjawab sistem mengadakan rapat koordinasi dengan Ka.

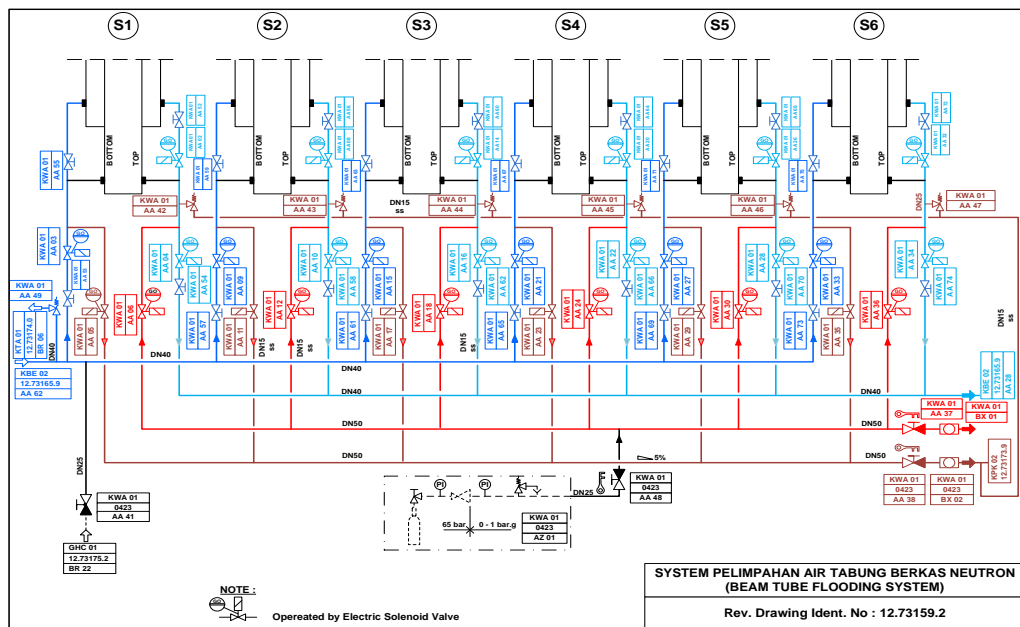
PSTBM beserta staf peneliti membahas rencana tindak lanjut mengatasi kerusakan katup *draining* KWA01 AA011. Pihak PRSG menyampaikan informasi bahwa ada beberapa alternatif untuk mengatasi kerusakan katup solenoid *draining* KWA01 AA011 tersebut antara lain :

1. Mengganti katup *solenoid draining* KWA01 AA011
  2. Modifikasi sistem pengoperasian katup solenoid
  3. Menghentikan pemanfaatan *beam tube* S-2
- Langkah yang paling ideal adalah dengan mengganti katup solenoid *draining* KWA01 AA011 dengan yang baru, tetapi ada kendala terkait dengan biaya yang sangat mahal dan untuk pembelian katup solenoid minimal 10 buah, walaupun demikian pihak PRSG tetap tidak keberatan dan memprioritaskan untuk mengganti katup *solenoid* yang rusak. Sebaliknya pihak PSTBM keberatan dengan langkah no. 1 jika mengganti katup *solenoid* yang rusak adalah pekerjaan yang sangat sulit karena harus membongkar seluruh *shielding* satu demi satu dan harus membonkar seluruh peralatan *beam tube* S-2 begitu juga terjadi kesulitan saat pemasangan kembali untuk seting ulang peralatannya disamping juga membutuhkan waktu pengerjaan yang lama, bahkan kemungkinan gagal dalam seting ulang peralatan sangat besar. Oleh karena itu pihak PSTBM untuk sementara waktu mengusulkan kepada pihak PRSG untuk memilih alternatif kedua yaitu modifikasi sistem pengoperasian katup solenoid *beam tube* S-2 selama masih memungkinkan. Akhirnya rapat koordinasi memutuskan untuk melaksanakan langkah no. 2 yaitu modifikasi

sistem pengoperasian katup solenoid *beam tube* S-2 dengan menggunakan jalur pengosongan yang terdapat pada *beam tube* S-5 tetapi hanya bersifat sementara (darurat) dan untuk jangka panjang tetap harus dilakukan penggantian katup *solenoid draining* KWA01 AA011 dengan katup *solenoid* yang baru. Dengan dipilihnya langkah no. 2 yaitu modifikasi sistem pengoperasian katup solenoid *beam tube* S-2, memberikan jeda waktu kepada pihak PSTBM untuk membuat disain ulang dalam pembuatan *shielding beam tube* S-2 agar lebih mudah untuk bongkar dan pasang.

## DESKRIPSI

RSG-GAS merupakan reaktor jenis MTR (*Material Testing Reactor*) dengan fluks neutron rerata  $2 \times 10^{14}$  n/cm<sup>2</sup>s. Karena fluks neutron yang tinggi maka teras RSG-GAS digunakan untuk produksi radioisotop, iradiasi perangkat bahan bakar reaktor daya, analisis aktivasi neutron dan uji tidak merusa.[5] Dari beberapa fasilitas iradiasi yang dimiliki reaktor RSG-GAS diantaranya adalah *beam tube* S-1,S-2,S-3,S-4,S-5 dan S-6 yang masing-masing terdiri dari dari beberapa katup solenoid dan pemipaan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.[6]



Gambar 1. Sistem *beam tube* reaktor RSG-GAS.[6]

Dari Gambar 1 tersebut terlihat bahwa masing-masing *beam tube* dilengkapi dengan 5 buah katup solenoid, tetapi yang dipergunakan untuk pengosongan dan pengisian air kedalam *beam tube* adalah 4 buah misalnya untuk *beam tube* S-2 adalah :

- Katup inlet *beam tube* S-2 KWA01 AA009

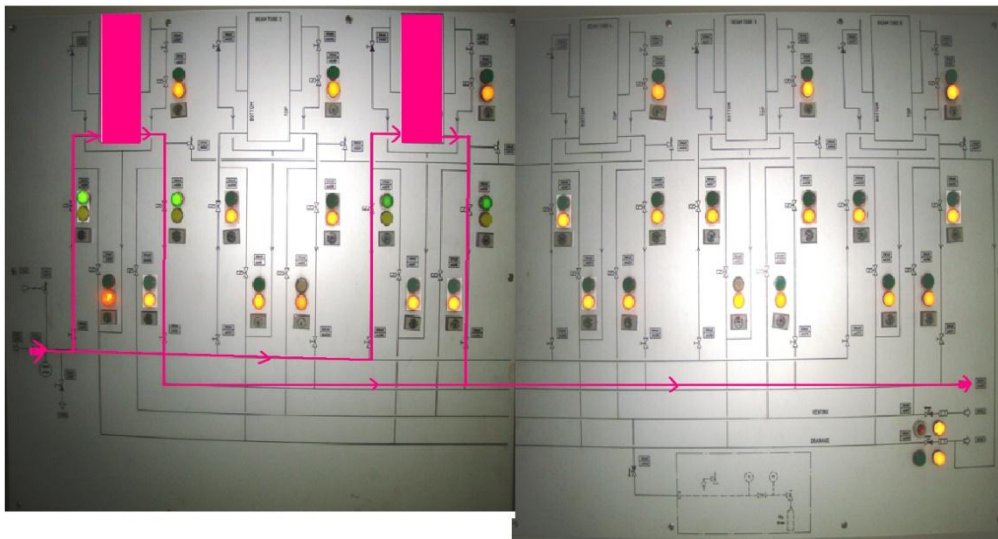
- Katup outlet *beam tube* S-2 KWA01 AA010
- Katup draining *beam tube* S-2 KWA01 AA011
- Katup venting *beam tube* S-2 KWA01 AA012

Sedangkan katup selenoid yang dipergunakan untuk pengosongan dan pengisian air kedalam *beam tube* S-5 adalah :

- Katup *inlet beam tube* S-5 KWA01 AA027
- Katup *outlet beam tube* S-5 KWA01 AA028
- Katup *draining beam tube* S-5 KWA01 AA029
- Katup *venting beam tube* S-5 KWA01 AA030

Bilamana *beam tube* S-2 akan digunakan untuk eksperimen maka air yang berada di dalamnya harus dikosongkan agar neutron terpancar dengan cara menutup katup *inlet beam tube* S-2 KWA01 AA009 dan katup *outlet beam tube* S-2 KWA01 AA010 kemudian membuka katup *venting beam tube* S-2 KWA01 AA012 dan katup *draining beam tube* S-2 KWA01 AA011 maka air dalam *beam tube* S-2 akan mengalir secara grafitasi kedalam tangki penampung limbah cair menengah sistem KPK02 hingga kosong. Begitu juga sebaliknya bilamana *beam tube* S-2 tidak digunakatersebut an untuk eksperimen maka harus diisi dengan air

demin yang berasal dari sistem lapisan air hangat sistem KBE02 dengan cara menutup katup *draining beam tube* S-2 KWA01 AA011 dan katup *outlet beam tube* S-2 KWA01 AA010 kemudian membuka katup *venting beam tube* katup *venting beam tube* S-2 KWA01 AA012 berarti *beam tube* S-2 sudah penuh terisi air, selanjutnya menutup katup *venting beam tube* S-2 KWA01 AA012 dan membuka katup *outlet beam tube* S-2 KWA01 AA010 agar air dalam *beam tube* S-2 disirkulasikan ke dalam sistem lapisan air hangat sistem KBE02 untuk perawatan pencegahan terhadap kerak pada sistem pemipaan *beam tube*. Para peneliti dari PSTBM selalu memanfaatkan berkas neutron dari *beam tube* S-2, S-4, S-5 dan S-6 secara rutin setiap operasi reaktor RSG-GAS, sedangkan S-1 masih jarang dimanfaatkan begitu juga dengan *beam tube* S-3 hingga kini belum pernah dimanfaatkan. Dari kondisi *beam tube* tersebut dapat dengan mudah dipahami dengan memperhatikan Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Kondisi *beam tube* S-1, S-3 kosong, S-2,S-4,S-5 dan S-6 kosong

Dari Gambar 2 tersebut terlihat bahwa *beam tube* S-1 dan S-3 terisi penuh dengan air karena sedang tidak dimanfaatkan dan air dalam *beam tube* tersebut disirkulasikan ke sistem lapisan air hangat untuk mencegah terjadinya kerak pada sistem pemipaan *beam tube*.

Masing-masing *beam tube* S-1 s/d S-6 dilengkapi dengan 5 buah katup solenoid dan seluruh katup solenoid tersebut terdiri dari jenis atau tipe yang sama seperti ditunjukkan pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Katup solenoid dan bagian-bagiannya.

Penjelasan dari Gambar 3 sebagai berikut :

- Katup jenis gerbang “gate”
- Aktuator solenoid 200 Volt DC
- Bekerja *normally closed*
- Siklus kerja 100 %

Katup solenoid bekerja berdasarkan sistem magnet yaitu akan membuka 100 % bila kumparan mendapat arus 200 Volt DC dan akan menutup 100 % bila arus pada kumparan tersebut terputus dan umumnya kegagalan katup solenoid dikarenakan terbakar kumparannya karena penuaan sehingga selalu dalam keadaan menutup dan tidak bisa dibuka.<sup>[7]</sup>

Penanggungjawab sistem PRSG sudah melakukan evaluasi dan pengecekan terhadap katup *solenoid*, menyatakan bahwa kerusakan katup *solenoid* draining KWA01 AA011 memang karena penuaan. Beberapa data untuk mendukung pernyataan tersebut antara lain :

- Seluruh katup *solenoid beam tube* diinstal dan mulai dioperasikan dari tahun 1986

hingga sekarang kurang lebih sudah berusia 31 tahun

- Sistem kerja katup *solenoid* sangat sederhana yaitu hanya “on untuk open” dan “off untuk close” sehingga kesalahan pengoperasian tidak berdampak negatif terhadap katup
- Periode sebelumnya katup *solenoid draining* dan *venting beam tube* S-5 juga rusak karena terbakar kumparannya dan karena *shielding beam tube* S-5 mudah dibongkar dan pasang maka katup *solenoid* yang rusak sudah diganti dengan katup *solenoid* yang baru
- Kumparan dari katup *solenoid* sudah didisain mudah dipasang dan dilepas karena suatu saat pasti akan rusak karena terbakar

## TATA KERJA

### 1. Pengosongan Air Dalam *Beam tube* S-2 Dengan Sistem Pengoperasian Normal.<sup>[4]</sup>

Dalam kondisi normal tidak ada gangguan melaksanakannya langkah-langkah dalam SOP kinerja katup solenoid untuk mengosongkan sebagai berikut : air dalam *beam tube* S-2 dengan

No.	KEGIATAN/TINDAKAN	KKS	KONDISI	No. Ruang	Ket.
1.	Tutup Katup <i>ring space beam tube</i> S2	KWA01 AA008	Tutup	0423	L,C
2.	Tutup Katup <i>inlet beam tube</i> S2	KWA01 AA009	Tutup	0423	L,C
3.	Tutup Katup <i>outlet beam tube</i> S2	KWA01 AA010	Tutup	0423	L,C
4.	Buka Katup <i>venting beam tube</i> S2	KWA01 AA012	Buka	0423	L,C
5.	Buka Katup <i>draining beam tube</i> S2	KWA01 AA011	Buka	0423	L,C

Pengosongan air dalam *beam tube* S-2 berhasil ditandai dengan :

- Air mengalir melalui Katup *draining* KWA01 AA011 terlihat di gelas penduga KWA01 BX02 secara grafitasi menuju ke penampung limbah cair aktivitas sedang sistem KPK02

- Jika air yang mengalir pada gelas penduga KWA01 BX02 berhenti, hal itu menandakan bahwa air yang berada dalam *beam tube* S-2 sudah kosong, langkah selanjutnya adalah:

No.	KEGIATAN/TINDAKAN	KKS	KONDISI	No. Ruang	Ket.
1.	Tutup Katup <i>venting beam tube</i> S2	KWA01 AA012	Tutup	0423	Kondisi katup baik
2.	Tutup Katup <i>draining beam tube</i> S2	KWA01 AA011	Tutup	0423	Kondisi rusak

- Pengosongan air dalam *beam tube* S-2 selesai
- Berkas neutron akan memancar dalam *beam tube* S-2
- *Beam tube* S-2 siap dipergunakan untuk eksperimen

Namun sehubungan dengan kerusakan pada katup solenoid *draining beam tube* S-2 KWA01 AA011 sehingga tidak bisa dibuka, maka sistem pengoperasian secara normal tidak bisa dilakukan, dengan demikian perlu dicari jalan keluar atau solusi untuk mengatasinya.

**2. Pengosongan Air Dalam *Beam tube* S-2 Dengan Modifikasi Sistem Pengoperasian**

Solusi untuk mengatasi kegagalan pengosongan air dalam *beam tube* S-2 adalah dengan rekayasa atau modifikasi sistem pengoperasian katup solenoid *beam tube* S-2 melalui jalur alternatif sistem pemipaan dan katup *beam tube* S-5 karena seluruh katup solenoid *beam tube* S-5 dalam kondisi baik, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- Menutup katup *inlet* dan *outlet* dari dan ke sistem purifikasi KBE02 Langkah tersebut dimaksudkan untuk menghentikan aliran air ke seluruh *beam tube*
- Menutup seluruh katup *solenoid beam tube* S-1

Langkah tersebut dimaksudkan untuk mengisolasi air di dalam *beam tube* S-1

- Menutup seluruh katup *solenoid beam tube* S-2

Langkah tersebut dimaksudkan untuk mengisolasi air di dalam *beam tube* S-2

- Menutup seluruh katup *solenoid beam tube* S-3

Langkah tersebut dimaksudkan untuk mengisolasi air di dalam *beam tube* S-3

- Menutup seluruh katup *solenoid beam tube* S-4

Langkah tersebut dimaksudkan untuk mengisolasi air di dalam *beam tube* S-4

- Menutup seluruh katup *solenoid beam tube* S-5

Langkah tersebut dimaksudkan untuk mengisolasi air di dalam *beam tube* S-5

- Menutup seluruh katup *solenoid beam tube* S-6

Langkah tersebut dimaksudkan untuk mengisolasi air di dalam *beam tube* S-6

- Mengosongkan *Beam tube* S-5

Mengamati aliran air pada sight glass BX001 dan BX002, air mengalir deras kurang lebih 20 menit tunggu hingga air berhenti mengalir ( *Beam tube* S-5 telah kosong )

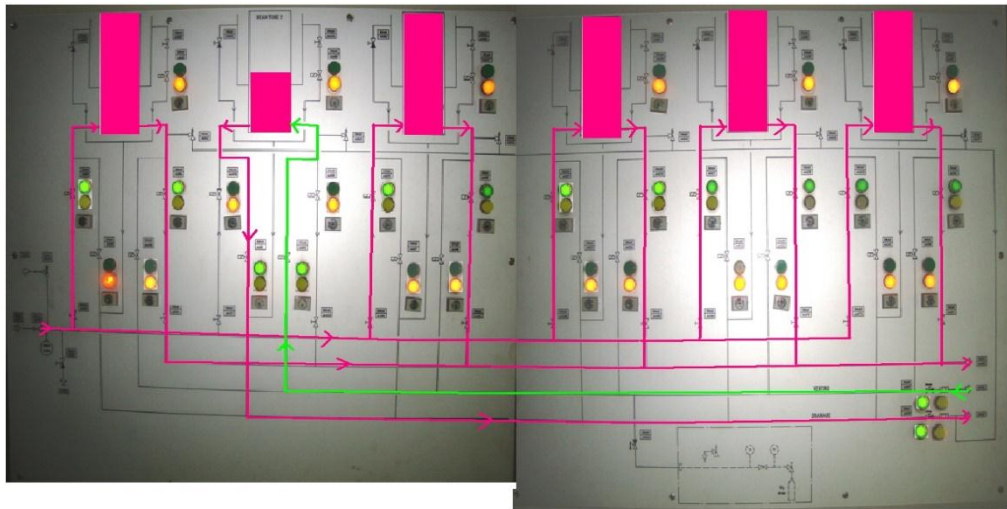
- Mengosongkan *Beam tube* S-2 menggunakan katup *solenoid beam tube* S-5

Mengamati aliran air pada sight glass BX001 dan BX002, air mengalir deras kurang lebih 20 menit tunggu hingga air berhenti mengalir ( *Beam tube* S-2 telah kosong )

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengosongan Air Dalam *Beam tube* S-2 Dengan Sistem Pengoperasian Normal

Untuk memperjelas langkah pengoperasian katup solenoid dalam pengosongan air dalam *Beam tube* S-2 diperlihatkan simulasi pada gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Pengosongan air dalam *beam tube* S-2 dengan “Sistem Pengoperasian Normal”

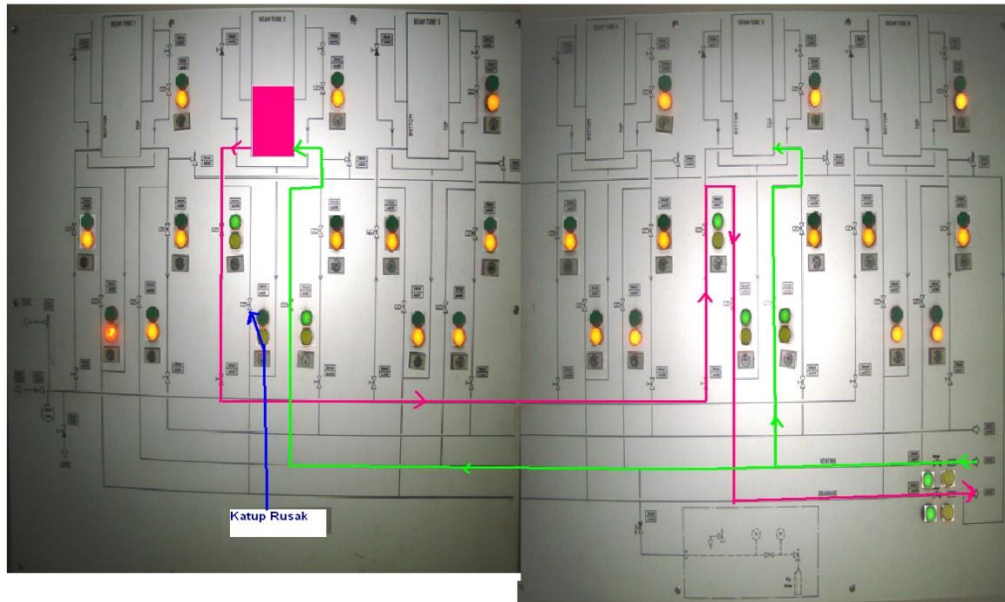
Gambar 4 tersebut menjelaskan proses pengosongan air dalam *beam tube* S-2 secara grafis menuju ke sistem penampung limbah cair aktivitas sedang sistem KPK02.

Namun sehubungan dengan kerusakan pada katup solenoid *draining beam tube* S-2 KWA01 AA011 sehingga tidak bisa dibuka, maka sistem pengoperasian secara normal tidak bisa dilakukan, dengan demikian perlu

dicari jalan keluar atau solusi untuk mengatasinya.

## 2. Pengosongan Air Dalam *Beam tube* S-2 Dengan Modifikasi Sistem Pengoperasian

Solusi untuk mengatasi kegagalan pengosongan air dalam *beam tube* S-2 yakni dengan rekayasa atau modifikasi sistem pengoperasian melalui katup solenoid yang berada pada *beam tube* S-5 seperti pada gambar simulasi 5 sebagai berikut :



Gambar 5. Pengosongan air dalam *beam tube* S-2 dengan “Modifikasi Sistem Pengoperasian ”

Pada gambar 5 tersebut ditunjukkan bahwa katup solenoid KWA01 AA011 rusak (tidak bisa dibuka) sehingga pengosongan air dalam *beam tube* S-2 menggunakan jalur modifikasi atau rekayasa dengan mengalirkan melalui jalur pengosongan *beam tube* S-5. Hasil rekayasa modifikasi sistem pengoperasian berhasil mengosongkan air dalam *beam tube* S-2 ditandai dengan :

- Air mengalir melalui Katup *draining* KWA01 AA029 yang terdapat pada *beam tube* S-5 terlihat di gelas penduga KWA01 BX02 secara grafitasi menuju ke sistem penampung limbah cair aktivitas sedang sistem KPK02
- Kurang lebih 20 menit air berhenti mengalir
- *Beam tube* S-5 dan S-2 telah kosong

Langkah rekayasa atau modifikasi tersebut telah didiskusikan dengan Kepala Unit Jaminan Mutu(Ka. UJM) dan Kepala Bidang Keselamatan Kesehatan Operasi(Ka. BK2O) PRSG untuk mendapatkan izin pelaksanaannya karena tidak terdapat dalam SOP pengoperasian *beam tube*, tetapi langkah tersebut dijamin aman tidak membahayakan sistem karena berdasarkan disain dan pemantauan parameter operasi bahwa tekanan dan laju alir *beam tube* S-2 sama dengan tekanan dan laju alir *beam tube* S-5 yaitu 3,5 bar dan 1 m<sup>3</sup>/h, begitu juga kegiatan tersebut dilakukan pada saat reaktor *shut down* menjelang operasi dan telah dilakukan pemantauan untuk memastikan bahwa tidak ada paparan radiasi untuk menjamin keselamatan personil.



Langkah berikutnya adalah koordinasi dengan peneliti PSTBM untuk pengecekan berkas neutron dalam *beam tube* S-2, dan setelah dilakukan eksperimen di sistem *beam tube* S-2 mereka menyatakan bahwa berkas neutron kembali normal seperti saat belum ada kendala yaitu sebesar  $10^6$  s/d  $10^7$  cps.

### KESIMPULAN

Sistem pengoperasian hasil rekayasa atau modifikasi untuk pengosongan air dalam *beam tube* S-2 melalui jalur *beam tube* S-5 bisa dilaksanakan setelah disetujui Ka. UJM dan Ka. BK2O, namun hanya bersifat sementara atau jangka pendek sebelum perbaikan katup solenoid *draining* KWA01 AA011 *beam tube* S-2.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Operator dan Supervisor reaktor RSG-GAS yang telah melaksanakan SOP yang dimodifikasi ini sehingga *beam tube* S-2 tetap bisa dimanfaatkan untuk eksperimen dan telah membantu memberikan saran dan diskusinya sehingga membuat makalah ini semakin baik dan juga KPTF- PRSG yang telah mengoreksi makalah ini.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Iman Kuntoro, "Evaluasi Kinerja Sistem Keselamatan Reaktor RSG-GAS Selama Beroperasi 25 Tahun", Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir Volume XI, No. 1, April 2014.
2. PRSG, "Operating Manual Part IV, chapter 5.1, Beam Tube Flooding System"
3. Sutiarmo, Fahrurrozi, Setiawan, Juliani, "Pemanfaatan Fasilitas Radiografi Dan Tomografi Neutron Di Reaktor RSG-GAS Untuk Inspeksi Berbagai Produk Industri", Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir, Serpong 28 September 2011.
4. PRSG, "Buku Induk Operasi RSG-GAS", Th.2016, 2017.
5. Tukiran S, " Analisis Kecelakaan Reaktivitas Teras RSG-GAS Berbahan Bakar Silisida", Prosiding Seminar Ke-7, Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir, ISSN: 0854-2910, Bandung, 19 Februari (2002).
6. PRSG, "Laporan Analisa Keselamatan RSG-GAS, revisi 10.1". Jakarta Th.2011.
7. [www.hebsbenson.co.uk/solenoids\\_uk/manufactures](http://www.hebsbenson.co.uk/solenoids_uk/manufactures)