

## **BELAJAR DARI FUKUSHIMA: ANALISIS KESELAMATAN INHEREN DI RSG-GAS**

**Endiah Puji Hastuti**

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir (PTRKN) - BATAN  
Kawasan PUSPIPTEK Gd. No. 80 Serpong, Tangerang Selatan 15310

e-mail: [endiah@batan.go.id](mailto:endiah@batan.go.id)

### **ABSTRAK**

#### **BELAJAR DARI FUKUSHIMA: ANALISIS KESELAMATAN INHEREN DI RSG-GAS.**

*Lessons learned* yang dapat diambil dari kecelakaan besar yang terjadi pada PLTN Fukushima Dai-ichi yang terjadi pada 11 Maret 2011 akibat gempa dengan *magnitude* 9 dan tsunami setinggi >14 m, adalah terjadinya *SBO* (*Station Black Out*) pada reaktor BWR 1, 2 dan 3. Terjadinya kecelakaan tersebut membuat seluruh pemilik/operator di seluruh dunia perlu melakukan reanalisis terhadap keselamatan reaktor masing masing. Dari aspek keselamatan nuklir pembelajaran tersebut semakin mengharuskan peningkatan keandalan sistem reaktor. Kecelakaan Fukushima menyebabkan perlu adanya kajian ulang akibat *SBO* pada RSG-GAS yang perlu diperhitungkan dengan terjadinya kecelakaan yang terjadi secara sekuensial. Makalah ini bertujuan untuk menyampaikan hasil analisis akibat *SBO* yang diikuti dengan gagal *scram* pada di RSG-GAS bersamaan dengan laju pendingin yang tidak terproteksi oleh SPR (Sistem Proteksi Reaktor). Analisis dilakukan dengan menggunakan program perhitungan transien untuk reaktor riset, PARET-ANL, yang diberlakukan pada model kanal panas dan kanal rerata. Hasil analisis terhadap model kecelakaan menunjukkan bahwa dengan laju pendingin tidak terproteksi sebesar 50% dan waktu tunda jatuh batang kendali melebihi batas proteksi 0,5 detik menyebabkan temperatur pada kanal panas melebihi batas keselamatan, sedangkan pada kanal rerata hal tersebut tidak terjadi. Sistem keselamatan inheren yang dimiliki RSG-GAS mampu menurunkan daya reaktor secara berangsur-angsur meskipun reaktor tidak *scram*.

**Kata kunci:** *Station Black Out*, pemodelan, RSG-GAS, *scram*, SPR, keselamatan inheren

### **ABSTRACT**

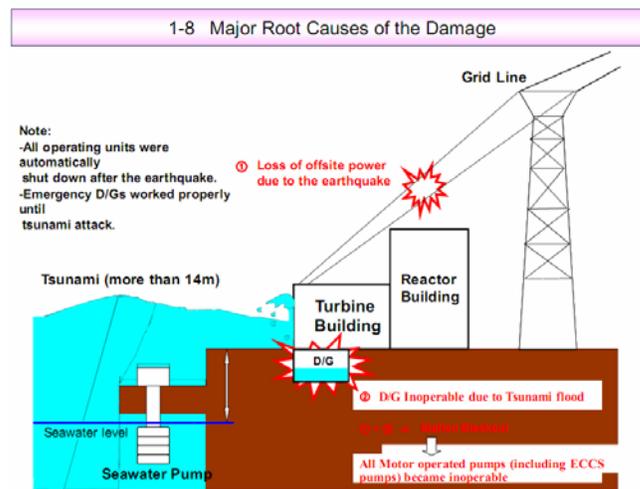
#### **LESSONS LEARNED FROM FUKUSHIMA: THE RSG-GAS INHERENT SAFETY ANALYSIS.**

*Lessons learned can be drawn from the Fukushima Dai-ichi NPP accidents, that occurred on March 11, 2011 with a magnitude of 9 earthquake and tsunami as high as > 4m, is the occurrence of SBO (station blackout) in BWR reactor, 1, 2 and 3. The occurrence of such accidents makes all of reactor owners / operators around the world need to do a reanalysis of the reactor safety of the own reactor. From the nuclear safety aspects of learning are reliability improvement of the reactor system. For the RSG-GAS, the Fukushima accidents give an impact to perform a reanalysis due to accidents of SBO occurrence which occur sequentially, against of reactor safety. This paper purposed to present the analysis result of SBO, followed to fail scram on the RSG-GAS along with a cooling rate that is not protected by the SPR (reactor protection system). Analyses were performed using the transient calculation program for research reactors, namely Paret-ANL, applied on the model of the hot channel and the average channel. The results of analysis on the model of the accident showed that the rate of cooling is not protected by 50% and delay time control rods fall protection exceeds 0.5 seconds causes the temperature of the hot channel exceeds the safety limit, while in the average channel it does not occur. The RSG-GAS inherent safety system has capability to decrease the reactor power as gradually although reactor does not scram.*

**Keywords:** *Station Black Out, modeling, RSG-GAS, scram, RPS, inherent safety*

## 1. PENDAHULUAN

*Lessons learned* yang dapat diambil dari kecelakaan besar yang terjadi pada PLTN Fukushima Dai-ichi yang terjadi pada 11 Maret 2011 akibat gempa dengan magnitude 9 dan tsunami setinggi >14 m<sup>[1]</sup>, adalah terjadinya *SBO* (*station black out*) pada reaktor BWR 1, 2 dan 3, seperti diperlihatkan pada Gambar 1. *Diesel generator* yang tak dapat berfungsi akibat diterjang tsunami ini kemudian menyebabkan kecelakaan sekuensial yang berakibat fatal bagi ketiga reaktor BWR tersebut.



Gambar 1. Akar utama penyebab kerusakan<sup>[1]</sup>

Terdapat 28 pelajaran dalam 5 kategori yang diidentifikasi oleh *Japan Nuclear Energy Safety Organization (JNES)*.

Kategori 1: Pelajaran tentang kecukupan tindakan pencegahan terhadap kecelakaan parah (*Lessons learned regarding the sufficiency of preventive measures against a severe accident*).

Kategori 2: Pelajaran tentang kecukupan respon terhadap kasus Fukushima (*Lessons learned regarding the adequacy of response to the Fukushima case*)

Kategori 3: Pelajaran mengenai kecukupan kesiapsiagaan dan tanggap darurat (*Lessons learned regarding the adequacy of emergency preparedness and response*)

Kategori 4: Pelajaran tentang ketangguhan dasar untuk menjamin keselamatan (*Lessons learned regarding the robustness of basis to ensure safety*)

Kategori 5: Pelajaran mengenai pelaksanaan budaya keselamatan dengan wawasan yang sangat terintegrasi dan pembelajaran dari masa lalu (*Lessons learned regarding the secure implementation of safety culture with highly integrated insights and past lessons learned*).

Terjadinya kecelakaan tersebut membuat seluruh pemilik/operator di seluruh dunia perlu melakukan *reanalysis* terhadap keselamatan reaktor masing masing. Dari aspek keselamatan nuklir pembelajaran tersebut semakin mengharuskan peningkatan keandalan sistem reaktor. Gianni Petrangeli<sup>[2]</sup> dalam bukunya menyampaikan perlunya ketersediaan dan keberagaman sistem keselamatan pasif pada instalasi nuklir.

Indonesia memiliki 3 reaktor riset, Kartini Yogyakarta, Triga 2000 Bandung dan RSG GA Siwabessy Serpong dengan daya masing masing 100 kW, 2 MW dan 30 MW. RSG GA Siwabessy dengan daya 30 MW merupakan reaktor dengan daya yang cukup besar dan telah dilengkapi dengan keberagaman sistem pendingin pasif. Adanya kasus kecelakaan Fukushima menyebabkan perlu adanya kajian ulang akibat *SBO* pada RSG-GAS yang perlu diperhitungkan dengan kecelakaan yang terjadi secara sekuensial. Pada umumnya analisis kecelakaan hanya memperhitungkan satu kegagalan, dimana akibat terburuk dari hasil analisis tersebut kemudian menjadi *concern* dalam mendesain reaktor. Analisis kegagalan beruntun akan menghasilkan analisis di luar dasar desain, dimana hasil analisis tersebut berguna dalam perencanaan *emergency planning preparedness* (kedaruratan nuklir), yang harus dipersiapkan.

Analisis keselamatan terkait DBA pada RSG-GAS dengan tingkat muat 4,8 gr U/cc telah dilakukan oleh Endiah dkk.<sup>[3,4]</sup>, sedangkan Hastowo<sup>[5]</sup> melakukan untuk ATWS pada teras oksida RSG-GAS. Makalah ini bertujuan untuk menyampaikan hasil analisis *SBO* yang diikuti dengan kegagalan jatuh batang kendali (*scram*) dan kegagalan SPR pada laju pendingin minimum RSG-GAS. Analisis dilakukan dengan menggunakan program perhitungan transien untuk reaktor riset, PARET-ANL.

## 2. TEORI

Reaktor Serba guna GA Siwabessy dirancang sesuai dengan rekomendasi dari *International Atomic Energy Agency (IAEA)*, serta peraturan-peraturan untuk reaktor penelitian yang berlaku di Indonesia dan Negara *Vendor* (Jerman). Untuk mencapai standar keselamatan reaktor yang tinggi maka RSG GAS dilengkapi antara lain dengan ragam keselamatan inheren, ragam keselamatan pasif dan ragam gagal selamat, di samping ragam keselamatan teknis lainnya. Ragam keselamatan inheren adalah kondisi apabila terjadi sesuatu yang tidak diinginkan di dalam teras, maka reaktor dapat menyelamatkan dirinya sendiri. Oleh karena itu, reaktor dilengkapi dengan sistem umpan balik reaktivitas negatif elemen bakar. Ragam gagal selamat adalah kondisi apabila terjadi suatu kegagalan pada sistem atau komponen-komponen, maka harus ada suatu tindakan yang terfokus pada keselamatan reaktor. Reaktor mempunyai sistem proteksi reaktor yang terdiri dari sistem-sistem yang membuat reaktor *scram*<sup>[6]</sup>.

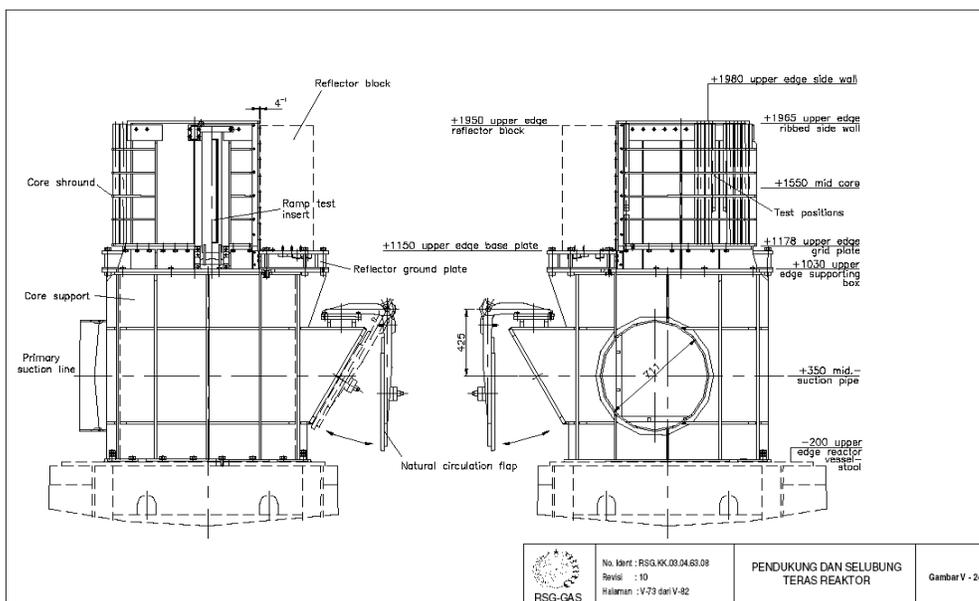
Terdapat ragam keselamatan teknis yang ada dalam rancangan sistem RSG-GAS yaitu:

- a) Sistem dan peralatan terkait pembuangan panas atau panas peluruhan
- b) Sistem dan peralatan untuk mempertahankan integritas kolam reaktor
- c) Sistem dan peralatan untuk mempertahankan fungsi pengungkung
- d) Sistem dan peralatan agar reaktor *shutdown*, pengendalian, dan penyediaan daya listrik darurat.

Pada kasus *SBO* kondisi yang harus diantisipasi adalah kehilangan kemampuan pembuangan panas dari bahan bakar ke lingkungan. RSG GAS memiliki sistem dan peralatan yang terkait dengan pembuangan panas dan panas peluruhan yang dirangkum pada Tabel 1.

**Tabel 1. Sistem RSG-GAS terkait pembuangan panas<sup>[6]</sup>**

No.	Nama Sistem	Fungsi	Keterangan
1.	Sistem Pendinginan kolam.	Membuang panas yang dibangkitkan oleh <i>gamma heating</i> di kolam dan reflektor setelah reaktor <i>shutdown</i> oleh 3 sistem pendingin kolam reaktor yang masing masing mempunyai kapasitas 100%	Susunan pemipaan dan penyangga sistem ini dibuat independen dan dapat dikendalikan dari RCU darurat.
2.	Roda gila pompa primer.	Menjamin pembuangan panas sisa ketika sistem pendingin primer gagal, dengan cara menyambung roda gila dengan poros pompa primer.	Roda gila dirancang sehingga penurunan laju alir di dalam teras $\leq 15\%$ dari nilai normal sampai 40 detik setelah <i>scram</i>
3.	Pengaturan penutupan katup pada sistem pendingin primer.	Menjamin agar aliran sistem primer harus tetap ada selama temperatur air masih terlalu tinggi untuk dibuang secara konveksi bebas.	Waktu penutupan katup isolasi primer diatur sebesar 96 detik. Waktu penutupan minimum 70 detik.
4.	Katup Sirkulasi Alam.	Menjamin aliran pendingin melalui teras setelah reaktor <i>shutdown</i> dan jika panas peluruhan tak dapat dibuang oleh sistem pendingin utama. Fungsi dari dua katup sirkulasi alam didasarkan pada efek penghisap pompa pendingin primer.	Katup sirkulasi alam di bagian bawah teras terbuka secara otomatis oleh pengaruh gravitasi ketika laju aliran sistem primer turun di bawah 15% dari laju nominal dan hasil pengujian menunjukkan bahwa katup sirkulasi alam terbuka 114 detik setelah <i>scram</i> .



**Gambar 2. Posisi Natural Circulation Flap RSG GAS**

Pembuangan panas setelah reaktor padam secara tiba tiba telah diantisipasi dengan pemasangan roda gila pada sistem pendingin primer dan katup pendinginan sirkulasi alam di bawah teras reaktor (Gambar 2). Dalam hal terjadi *SBO* dan gagal *scram* perlu diperhitungkan dan menganalisis

performa bahan bakar akibat kejadian tersebut. Analisis gagal berfungsinya sistem proteksi pada sistem pendingin primer dan tertundanya *scram* akibat *SBO* diuraikan dalam makalah ini.

### 2.1 Skenario kecelakaan

Pada saat reaktor beroperasi pada tingkat daya 30 MW tiba tiba terjadi *SBO*, batang kendali yang seharusnya jatuh dengan waktu tunda 0,5 detik tidak terjadi, sedangkan laju pendingin yang seharusnya terproteksi pada 85% dari nilai nominalnya juga tidak menyebabkan reaktor *scram*. Karakteristika bahan bakar dan pendingin hingga reaktor padam akibat umpan balik reaktivitas negatif dianalisis dalam makalah ini.

### 2.2 Pemodelan

Analisis dilakukan dengan program perhitungan transien reaktor PARET-ANL. Dalam pemodelan bahan bakar dibagi dalam dua kelompok, dimana kelompok pertama mewakili bahan bakar dengan faktor ketidak pastian 1 atau kondisi rerata disebut kanal rerata, sedangkan kelompok kedua menggunakan faktor ketidak pastian yang diperhitungkan dari hasil perhitungan faktor puncak daya teknis/fabrikasi bahan bakar (statistik) dan faktor puncak daya nuklir. Kegagalan beruntun setelah terputusnya catu daya listrik dimodelkan secara bersamaan yaitu keterlambatan reaktor mengalami *scram* dan laju massa pompa pendingin melampaui marjin minimum. Untuk menganalisis karakteristik parameter termohidrolika dan marjin keselamatan apabila reaktor *scram* maka dalam pemodelan dipilih waktu tunda yang dapat merepresentasikan kondisi tersebut.

Data utama yang digunakan untuk perhitungan analisis keselamatan teras RSG-GAS berbahan bakar 4,8 gram uranium/cm<sup>3</sup>, ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Data utama perhitungan**

No.	Parameter	Nilai
1.	Daya awal reaktor, MW	30
2.	Temperatur <i>inlet</i> , °C	44,5
3.	Tekanan <i>inlet</i> , Pa	202.660
4.	Laju massa pendingin, kg/det/m <sup>2</sup>	3914
5.	Data <i>scram</i> :	
	<i>Delay after trip</i> (det)	25
	<i>Over power trip</i> (MW)	34,2
	<i>Low flow trip</i> (%)	50

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemodelan pada kasus reaktor yang tidak langsung padam (*scram*) setelah *SBO* atau suplai daya terputus dianalisis dengan menggunakan program perhitungan transien reaktor PARET-ANL<sup>[7]</sup>, ditunjukkan pada Gambar 3 s/d Gambar 7 berikut ini.

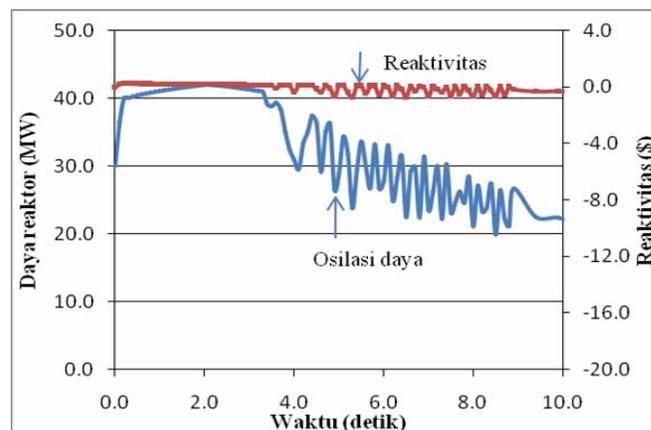
Pada operasi normal RSG-GAS dibatasi oleh sistem proteksi reaktor = SPR (*reactor protection system*). Sistem ini akan memadamkan reaktor apabila parameter operasi melampaui batas kondisi operasi (*limiting condition operation*) yang ditetapkan. Pada kasus terjadinya *SBO* seharusnya akan memicu terjadinya *scram* akibat hilangnya aliran pendingin apabila laju alir mencapai  $\leq 85\%$ , atau apabila gagal maka SPR akan memicu *scram* apabila daya reaktor mencapai

112% (batas seting SPR), dari nilai nominal 30 MW dengan waktu tunda jatuhnya batang kendali selama 0,5 detik. Dalam pemodelan kasus kegagalan beruntun diasumsikan bahwa ketika terjadi *SBO* reaktor tidak *scram* akibat keterlambatan waktu tunda jatuh batang kendali, selain itu diasumsikan pula reaktor tidak *scram* ketika laju alir pendingin primer mencapai nilai minimum 85%, dan tidak *scram* ketika daya sesuai SPR tercapai. Di dalam program perhitungan transien reaktor, pemodelan ini dilakukan pada dua jenis kanal yaitu kanal rerata yang mewakili pembangkitan panas bahan bakar rerata dan kanal panas yang mewakili bahan bakar dengan pembangkitan panas maksimum.

Kronologis hasil perhitungan pada pemodelan kecelakaan tersebut menunjukkan hal berikut. SPR akibat *flow minimum trip* tidak terjadi karena *delay* sehingga reaktor tidak *scram*. Reaktor yang semula didinginkan dengan laju alir nominal, ketika terjadi *SBO* tidak *scram* karena mencapai nilai minimum 85%, dan baru berfungsi apabila laju alir terdeteksi 50%. Sementara itu daya reaktor meningkat cepat melebihi batas proteksi hingga mencapai nilai maksimum ~42 MW dalam waktu 2,1 detik, seiring dengan pendinginan teras yang tersisa  $\geq 50\%$  menyebabkan telah terjadi pendidihan inti (*nucleate boiling*) pada sebagian kanal panas (di tengah ketinggian bahan bakar), sedangkan sebagian lainnya masih berupa *liquid*. Karakteristika parameter teras yang terjadi pada detik awal *SBO* pada kanal panas dan kanal rerata ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Karakteristika parameter teras di awal transien**

Parameter	Kanal panas	Kanal Rerata
Daya, MW	29,92	29,92
Temp maksimum:		
Pendingin, °C	87,9	57,4
Kelongsong, °C	158,3	83,3
Bahan bakar, °C	169,6	86,4
Rejim moderator	<i>Nucleate boiling/ liquid</i>	<i>liquid</i>
Laju alir massa pendingin, kg/det/m <sup>2</sup>	3914	3914

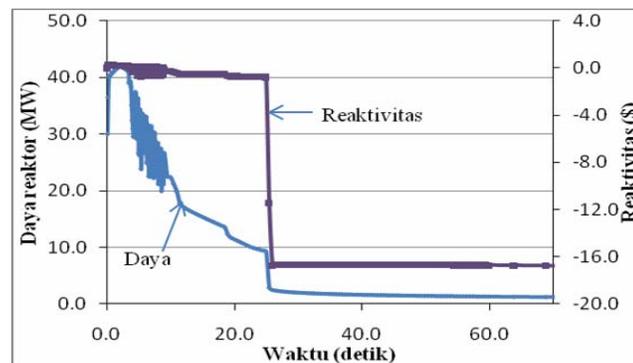


**Gambar 3. Transien daya dan reaktivitas tanpa *scram***

Penundaan *scram* mengakibatkan peningkatan daya, sehingga temperatur bahan bakar dan pendingin juga meningkat, terjadi peningkatan absorpsi resonansi dengan meningkatnya temperatur

sementara itu reaktivitas teras juga ikut meningkat. Sebaliknya hal ini menyebabkan nilai koefisien reaktivitas negatif, akibatnya daya menurun dan menghasilkan kondisi sebaliknya, hal ini terjadi secara fluktuatif, sehingga berangsur angsur daya reaktor menurun seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3. Fenomena ini dikenal dengan nama efek *Doppler*<sup>[8]</sup>.

Efek *Doppler* menyebabkan daya reaktor padam dengan sendirinya seperti diperlihatkan pada Gambar 4. Terlihat pada awal terjadinya SBO dan kegagalan *scram*, daya reaktor melonjak mencapai nilai maksimumnya, dalam waktu 10 detik terjadi fluktuasi menuju penurunan daya demikian pula dengan reaktivitas teras. Daya reaktor mencapai 15 MW dalam waktu 15 detik, dan terus terjadi kecenderungan menurun, nilai reaktivitas negatif terus mendominasi setelah 20 detik, daya mencapai 10 MW pada waktu tersebut. Dalam pemodelan dipilih waktu tunda jatuh batang kendali 25 detik untuk mengamati efek *scram* terhadap karakteristik ke-dua kanal bahan bakar, setelah penurunan daya secara inheren.



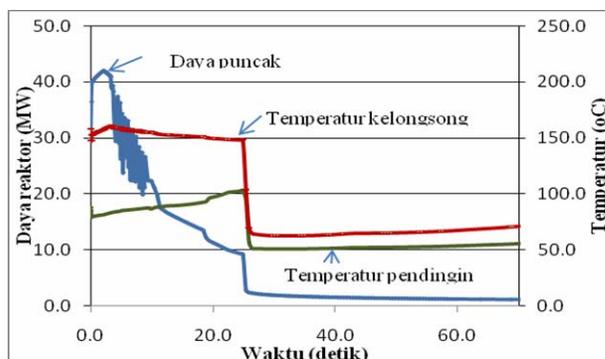
**Gambar 4. Transien daya dan reaktivitas setelah *scram***

Karakteristika termohidrolika diperlihatkan pada Gambar 5, pada gambar tersebut tampak bahwa temperatur kelongsong meningkat secara linier dengan peningkatan daya, demikian pula sebaliknya akan tetapi waktu transien tidak persis sama, sesaat setelah daya meningkat maka temperatur kelongsong segera meningkat kemudian diikuti dengan kenaikan temperatur pendingin. Daya maksimum 42 MW tercapai pada detik ke 2,1 sementara temperatur pendingin maksimum pada kanal panas tercapai pada detik ke 24,9. Pola temperatur sebagai fungsi daya secara transien selain diperlihatkan pada gambar juga ditampilkan secara diskrit pada Tabel 4, untuk kanal panas dan kanal rerata.

**Tabel 4. Karakteristika parameter teras pada daya puncak**

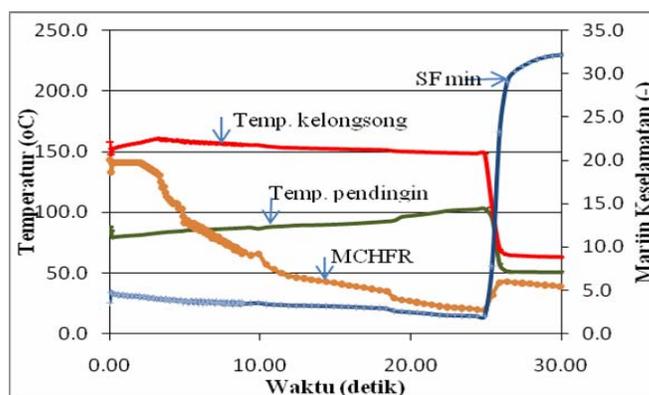
Parameter	Kanal panas	Kanal Rerata
Daya, MW	42,01	42,01
Temp maksimum:		
Pendingin, °C	103,11	62,3
Kelongsong, °C	161,0	95,8
Bahan bakar, °C	174,4	100,1
Rejim moderator	<i>liquid</i>	<i>liquid</i>

Pada kanal panas temperatur pendingin, kelongsong dan bahan bakar (*meat*) telah melebihi marjin yang ditetapkan, sementara itu pada kanal rerata temperatur pendingin juga telah melebihi marjin yang ditetapkan sedangkan temperatur kelongsong dan bahan bakar masih memenuhi.

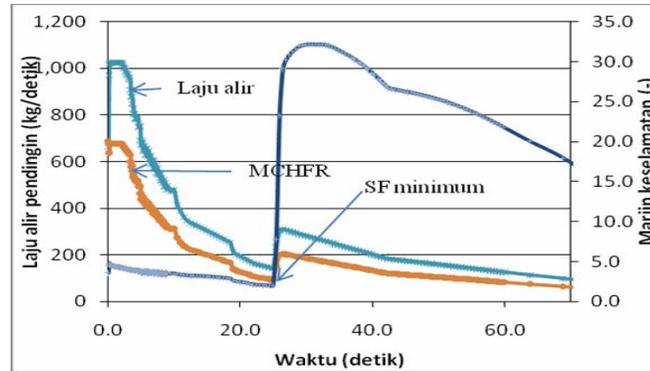


**Gambar 5. Korelasi Transien daya dan temperatur kelongsong serta pendingin**

Karakteristika temperatur dan marjin keselamatan diperlihatkan pada Gambar 6, transien marjin keselamatan terhadap rasio fluks panas kritis dan instabilitas aliran cenderung menurun yang artinya bahwa terlampauinya nilai baatas keselamatan dapat saja terjadi apabila reaktor tidak padam. Marjin keselamatan terhadap rasio fluks panas kritis tampak linier dengan penurunan laju alir pendingin seperti diperlihatkan pada Gambar 7. Laju pendingin saat terjadi *SBO* jelas akan menurun sesuai dengan profil penurunan sistem pendingin primer, seharusnya reaktor akan scram apabila laju alir mencapai 85% dari nilai nominalnya, akan tetapi karena tidak *scram* sementara daya reaktor meningkat maka hal ini berdampak pada turunnya marjin keselamatan.



**Gambar 6. Korelasi antara Transien temperatur dan marjin keselamatan**



**Gambar 7. Korelasi antara transien laju alir pendingin dan marjin keselamatan**

Dari uraian di atas tampak analisis ulang pada jenis kecelakaan *station blackout* yang terjadi bersamaan dengan kegagalan sistem proteksi reaktor terhadap laju alir minimum dan waktu tunda jatuhnya batang kendali akan menyebabkan daya reaktor meningkat pesat dan memicu terlampainya marjin keselamatan pada kanal panas, hal yang sama tidak terjadi pada kanal rerata akibat padamnya reaktor secara inheren.

#### 4. KESIMPULAN

Analisis pemodelan kecelakaan akibat *SBO* terhadap kinerja RSG-GAS yang terjadi bersamaan dengan tidak bekerjanya sistem proteksi reaktor pada waktu tunda jatuh batang kendali dan laju pendingin primer, menyebabkan terlampainya marjin keselamatan baik pada aspek temperatur pendingin dan bahan bakar maupun instabilitas aliran pada kanal panas yang merepresentasikan kanal bahan bakar yang memiliki fluks panas tinggi. Hal yang sama tidak terjadi pada kanal rerata. Meskipun demikian sistem keselamatan inheren yang dimiliki RSG-GAS mampu menurunkan daya reaktor secara berangsur angsur meskipun reaktor tidak *scram*. Meskipun demikian hasil analisis ini memberi pelajaran faktor kehati-hatian dan diversifikasi suplai daya merupakan hal mutlak yang harus dipenuhi.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. FUMIO KUDOUGH, Lessons Learned from Fukushima Dai-Ichi NPS Accidents, Japan Nuclear Energy Safety Organization(JNES), Jakarta, BAPETEN Annual Seminar /June 27-28/2011.
- [2]. GIANNI PETRANGELI, "Nuclear Safety", Elsevier, ISBN 13: 978-0-7506-6723-4, UK, (2006) 49-50
- [3]. ENDIAH PUJI HASTUTI, Analisis *LOFA* Teras Alternatif Silisida 4,8g U/cc RSG-GAS Menggunakan PARET-ANL, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, Yogyakarta, (2007).
- [4]. ENDIAH PH, TAGOR MS, SUPARJO, SUWARDI., "Laporan Analisis Keselamatan Inseri EBU Silisida Densitas 4,8 dan 5,2 g U/cm<sup>3</sup> di Teras RSG-GAS", Serpong, (2008).

- [5]. H. HASTOWO, "Investigation on ATWS and Hypothetical Accidents for the Indonesian Multipurpose Research Reactor RSG-GAS", dissertation, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, (1996).
- [6]. BATAN, "Safety Analysis Report of the Indonesian Multipurpose Reactor GA-Siwabessy", Rev.8, (1999).
- [7]. WOODRUFF, W.L., "A User Guide for the Current ANL Version of the PARET Code", NESC, (1984)
- [8]. DUDERSTADT J.J., HAMILTON L.J., "Nuclear Reactor Analysis", Jhon Wiley & Sons, Inc, ISBN 0-471-22363-8, Michigan, (1976) 45-48,337

**DISKUSI/TANYA JAWAB:**

**1. PERTANYAAN: (Suratman, Guru SMAN 1 Sedayu, Bantul)**

- Belajar dari kecelakaan Fukushima, bagaimana rencana PLTN di Indonesia demi keselamatan rakyat? Mohon penjelasan.!

***JAWABAN: (Endiah P.H., PTRKN-BATAN)***

- *Kecelakaan Fukushima memberikan pembelajaran yang sangat berharga pada desain reaktor PLTN, baik yang saat ini sedang beroperasi, maupun desain PLTN mendatang. Regulasi desain dan operasi PLTN maupun kedaruratan nuklir internasional juga perlu ditinjau kembali. Demi keselamatan masyarakat, reaktor PLTN harus dipilih desain yang memiliki faktor keselamatan maksimum sesuai regulasi yang telah memperhitungkan kecelakaan-kecelakaan dasar desain. Perlu dicatat bahwa gempa bumi bukan penyebab kecelakaan Fukushima, melainkan tsunami.*