

**BELAJAR DARI KECELAKAAN REAKTOR SILOE DAN
KORELASI NYA TERHADAP SISTEM KESELAMATAN RSG-GAS**

Robertus Indrawanto, Sinisius Suwanto, Jonni A. Korua

ABSTRAK

BELAJAR DARI KECELAKAAN REAKTOR SILOE DAN KORELASI NYA TERHADAP SISTEM KESELAMATAN RSG-GAS Selama operasi pengetesan kenaikan daya pada reaktor Siloe dari 30 Mw ke 43 Mw beberapa plat bahan bakar ternyata meleleh dan hal ini disebabkan oleh benda asing yang menutup kanal pendingin. Diperhitungkan 6 plat bahan bakar meleleh dengan berat Uranium 36,8 gram dan berat U^{235} 18 gram dan mengkontaminasi air reaktor sebesar 55000 Ci. Gas mulia yang dilepas melewati cerobong dalam waktu 2 hari setelah kecelakaan 2000 Ci. Tidak ada pekerja instalasi yang menerima dosis tinggi dan paparan radiasi ke lingkungan tidak berarti.

Kata Kunci : Kecelakaan Reaktor

ABSTRACT

LEARN FROM SILOE RESEARCH REACTOR ACCIDENT AND IT CORRELATION TO THE RSG-GAS SAFETY SYSTEM OF RSG GAS. During overpower testing a fuel element partially melted, either due to foreign object blocking coolant flow. Meltdown of 6 fuel plates of overall weight equal to 36.8 gram of uranium, of which 18 grams was uranium U^{235} , led to a release of 55000 Ci of fission products to the reactor water pool and 2000 Ci, most of which were released through the stack within two days after the accident. There was no personnel over doses and the releases to the environment were insignificant.

Key word : Reactor accident

PENDAHULUAN

Reaktor Siloe merupakan jenis reaktor penelitian tipe kolam yang dimiliki oleh Perancis. Awal operasi reaktor ini dimulai tahun 1963 dengan nominal daya operasi 15 MW. Pada tahun 1967 reaktor Siloe direkonstruksi serta dikembangkan daya nominalnya menjadi 30 MW. Pengembangan reaktor Siloe berdaya 30 MW ini mempunyai kesamaan dengan desain RSG GAS..

Pada desain bahan bakar di RSG-GAS, antara satu plat dengan plat yang lainnya dipisahkan oleh saluran pendingin ukuran 0,228 cm x 6,60 cm, kegunaan saluran pendingin untuk mendinginkan bahan bakar pada saat terjadi reaksi Fisi dan juga untuk proses perlambatan Neutron cepat menjadi termal sehingga reaksi Fisi bisa berlangsung. Saluran pendingin tersebut tidak boleh terhalang oleh benda-benda asing mengingat energi per plat cukup besar sehingga kalau terjadi penyumbatan kanal-kanal pendingin, dan kekurangan pendinginan mengakibatkan plat bahan bakar semakin panas sehingga dapat terjadi pelelehan bahan bakar dan akan mengakibatkan produk-produk Fisi akan keluar dari teras reaktor. Keadaan tersebut disebut kecelakaan penyumbatan kanal pendingin dan merupakan kecelakaan serius yang harus dihindari oleh pelaksana-pelaksana operasi reaktor.

Untuk mengantisipasi keadaan tersebut manajer operasi reaktor telah mengeluarkan prosedur yang harus ditaati, sebelum reaktor dioperasikan supervisor harus melihat dengan teropong kedalam teras reaktor.

Penyumbatan kanal pendingin akan mengakibatkan pendidihan pada saluran pendingin yang diikuti dengan terbentuknya uap yang akan mengurangi proses moderasi atau perlambatan Neutron cepat menjadi Neutron termal. Pada keadaan tersebut daya reaktor akan turun dengan cepat kemudian diikuti dengan bertambah panasnya plat luar bahan bakar dan koefisien perpindahan panas semakin buruk dan akan terjadi *Film Boilling*

yang kemudian terjadi *Burnout* dan kelongsong bahan bakar akan rusak.

Proses tersebut harus dihindari oleh setiap pelaksana operasi reaktor karena jika proses pelelehan bahan bakar tersebut terjadi dan temperatur kelongsong bahan bakar yang terbuat dari Al Mg₂ mencapai 650⁰C terjadi *exothermic metal-water reactions* (Reaksi Eksotermis antara aluminium dan air).

Mengingat kelongsong bahan bakar dari bahan Al Mg dengan ketebalan plat 1,3 mm sangat tipis akan mudah rusak jika terjadi penyumbatan kanal pendingin.

Pada PRSG untuk mengantisipasi kejadian tersebut dilengkapi dengan peralatan RPS (*Raktor Protection Sytem*) pada kanal *Negative Floating Limit Value*, dan juga unbalance Load, jika terjadi keadaan yang membahayakan keselamatan reaktor batang kendali akan memadamkan reaktor secara otomatis.

Jika terjadi pelelehan bahan bakar akan terjadi paparan radiasi yang tinggi diatas kolam reaktor yang melebihi batas setting yang ditentukan dalam spekter reaktor dan secara otomatis reaktor akan padam dan Ventilasi (KLA 60) di balai operasi akan beroperasi. Sistem ventilasi (KLA 60) akan mengisolasi ruangan dibalai operasi dan udara yang terkontaminasi akan dihisap oleh payung diatas kolam reaktor dan dilewatkan filter yodium. Untuk memberikan pengalaman pada pelaksana operasi akan dikemukakan laporan kejadian secara ringkas mengenai kecelakaan penyumbatan kanal pendingin pada reaktor **Siloe**, dengan daya reaktor 30 Mw pada tahun 1967.

PEMBAHASAN DAN URUTAN KEJADIAN

Kejadian ini terjadi pada tanggal 07 November 1967 selama test pada 43 MW. Pada pukul 09⁴⁰ pagi daya 30 MW telah dicapai dan di jaga kestabilannya sebelum daya lebih naik. Setelah 4 jam 52 menit pada daya 30 MW dayanya naik perlahan lahan ke 40 MW kemudian menjadi 43 MW dibawah

ijin yang dikeluarkan oleh komisi keselamatan reaktor. Sesaat kejadian parameter operasi reaktor sbb:

Daya : 42,3 MW, naik menjadi dari level 40 MW dengan rata-rata 0,75 MW/ menit

Rata-rata aliran pendingin primer : 1944 m³/jam

Kecepatan pendingin antara plat bahan bakar: 4,2 m/detik pada elemen bahan bakar

4,15 m/detik pada elemen kontrol dengan penyerapan pada posisi lebih rendah

3,95 m/detik pada elemen kontrol dengan penyerapan pada posisi lebih tinggi

Tekanan drop melewati teras : 6,2 m air

Kecepatan pendingin pada system pemurnian air : 45 m³/jam

Temperatur pendingin pada teras masuk/ keluar : 29 °C / 47 °C

Temperatur kanal panas pada termokopel no. 4 : 122 °C

Alat pengukur derau : osilasi frekwensi dan amplitudo pada daya normal 40 MW selanjutnya daya dinaikkan menjadi pada 43 MW.

Pada pukul 15⁰² (time t₀) daya reaktor menurun cepat sampai 7 MW kemudian perlahan naik menjadi 20 MW:

t₀ + 20 s – pengatur daya otomatis daya reaktor menstabilkan daya pada 20 MW.

Activitas pada 2 kanal N₁₆ menunjukkan kenaikan dibatas atas.

t₀ + 26 s – reaktor scram secara otomatis.

t₀ + 45 s – kenaikan secara cepat pada aktivitas γ dengan menggunakan detector bawah air.

Tingkat alarm melebihi 2,5 m rad/jam alarm suara diaktifkan dan balai operasi dikosongkan Pembacaan detector kegagalan bahan baker meningkat dari 60 ke 100 000

t₀ + 50 s – system ventilasi dipindahkan dari operasi normal ke operasi darurat dengan ventilasi utama dimatikan, katup pada reaktor hall ditutup, ventilasi darurat

dengan filter iodine di operasikan.

Kondisi tekanan pada reaktor hall distabilkan pada tekanan 15 mm air dan laju aliran pada 100 m³/jam

Ventilator utama dihentikan Valve pada sistem ventilasi ruangan reaktor ditutup, sistem ventilasi darurat dengan filter penyaring ditempatkan dalam operasi

t₀ + 144 s – pompa pendingin utama dihentikan sehingga menjaga produk fisi tinggal di dalam tangki tunda, hanya sistem pemurnian air dijalankan dengan laju alir 45 m³/jam.

t₀ + 5 mnt – petugas kedaruratan masuk kedalam reaktor hall dengan menggunakan pakaian kedaruratan.

t₀ + beberapa menit – dilakukan pengukuran paparan radiasi sbb:

γ chamber dalam air pada kedalaman 1 m = 1000 rad /jam (10 Gy/jam)

γ chamber di atas kolam reaktor 220 rad/jam (2,2 Gy/jam)

γ chamber dalam ruang kendali dibagi dengan dinding beton ketebalannya 20 cm, paparannya 30 m rad/ jam (0,3 Gy/jam)

γ chamber pada pesawat penukar panas 35 rad/jam (0,35 Gy/jam) aktivitas air kira-kira 35 Ci/m³ (Normal RSG berapa ?)

t₀ + 1 jam – aktivitas udara kira-kira 30 Ci/m³

γ dose rata-rata di dalam udara di dalam gedung reaktor 0,2 rad/jam (2 m Gy/jam)

t₀ + 20 jam – aktivitas udara yang terdiri dari aktivitas Xe¹³⁵ = 0 dan Kr⁸⁵ = 0,3 Ci/m³ (kebanyakan Xe⁻¹³⁵ dan Kr⁻⁸⁵) aktivitas udara pada

- cerobong setelah melewati filter penyaring $0,012 \text{ Ci/m}^3$
- $t_0 + 47 \text{ jam}$ – Suhu dan kelembaban udara di dalam balai operasi kembali normal. aktivitas udara pada 300 m dari reaktor : dibawah 2 micro Ci/m^3
- $t_0 + 70 \text{ jam}$ – pembongkaran teras dimulai. aktivitas udara di balai operasi = $1,8 \text{ m Ci/m}^3$, petugas memasuki balai operasi menggunakan masker udara dan menentukan bahan bakar yang meleleh pada teras. Dan memindahkan bahan bakar yang meleleh
- $t_0 + 160 \text{ jam}$ – bahan bakar yang leleh tadi digantikan dengan bahan bakar yang baru
- $t_0 + 8 \text{ hari}$ – reaktor kembali beroperasi pada daya 39 Mw dan suhu kanal panas 122°C

AKAR PENYEBAB DAN TINDAKAN KOREKSI (PERBAIKAN)

Disimpulkan benda asing menutup beberapa kanal pendingin di dalam bahan bakar, benda asing tersebut bisa merupakan potongan–potongan dari cat-cat yang terkelupas dari dinding reaktor.

Untuk mencegah kejadian tersebut terulang kembali daya dari reaktor **Siloe** dibatasi pada operasi normal 30 MW dan daya maksimum 39 MW. Bagian–bagian struktur dari reaktor yang dicat diatas kolam reaktor dihilangkan .

KESIMPULAN

Semua kemungkinan yang dapat menyebabkan jatuhnya benda-benda asing ke dalam teras harus dihilangkan termasuk serpihan-serpihan cat, benda-benda kecil yang digunakan untuk pemeliharaan, peralatan-peralatan untuk iradiasi atau benda-benda kecil yang dibawa oleh pengunjung.

Untuk RSG-GAS benda–benda kecil yang dibawa pengunjung selalu diminta diletakkan disuatu tempat oleh pengamanan ataupun supervisor dan ini dijadikan prosedur tetap di PRSG, Pengalaman menunjukkan bahwa bahan bakar yang meleleh dengan burn up kecil, resiko radiasinya lebih kecil dari bahan bakar yang mempunyai *burn up* besar. Pengalaman dari **Siloe** bahan bakar yang meleleh 6 plat dengan 36, 8 gram Uranium, 18 gram U^{235} , *burn up* 4% , kontaminasi air oleh produk fisi 55000 Ci, gas mulia yang lepas lewat cerobong 2000 Ci dalam waktu 2 hari setelah kecelakaan dan paparan radiasi ke lingkungan tidak berarti . Pompa pendingin primer yang dimatikan pada saat 144 detik setelah kecelakaan mempunyai keuntungan sbb:

1. Air pendingin yang terkontaminasi oleh produk fisi tetap berada di tangki tunda dan tidak mencapai kolam reaktor kecuali melalui sistem pemurnian air melalui resin filter.
2. U^{235} yang meleleh sebesar 18 gram mengumpul di tangki tunda disebabkan kecepatan pendingin yang rendah, tidak mengontaminasi pendingin dikolam dan tetap berada di tangki tunda .

Karena sistem pendingin darurat bekerja dengan baik gas dan radioaktif tetap berada dibalai operasi.

Tebal dinding beton reaktor **Siloe** 20 cm mampu menahan paparan radiasi dari dalam.

Paparan radiasi diluar dinding setelah 1 jam 25 m rad/jam dan Paparan radiasi diluar dinding setelah 17 jam 5 m rad/ jam .

DAFTAR PUSTAKA

1. *Working Material, Experience With Research Reactor Incidents, IAEA, Vienna, November 1999*
2. *Multi Purpose Research Reactor GA Siwabessy, Safety Analysis Report, Rev. 7, Volume 1, September 1988*