

1855

## ANALISA TEKANAN SISI HISAP PENDINGIN PRIMER DI DELAY CHAMBER RSG-GAS

Sukmanto Dibyو

### ABSTRAK

**ANALISA TEKANAN SISI HISAP PENDINGIN PRIMER DI DELAY CHAMBER RSG-GAS :** Delay chamber merupakan tangki penunda aliran berada di bagian sistem pada lintasan sisi hisap pendingin primer RSG-GAS. Volum udara yang terjadi saat beroperasi disebabkan oleh  $\Delta P$  yang besar di sisi hisap. Kondisi ini dapat dihindari dengan menggunakan laju alir pendingin primer moda satu jalur. Analisa menunjukkan, volum udara terkumpul di delay chamber disebabkan oleh tekanan operasi yang rendah yang melampaui tekanan saturasi. Idealnya tekanan saturasi ini harus di jauhi dengan mengurangi  $\Delta P$  hingga tekanan paling rendah sekitar 0,1 bar. Solusinya alternatif lain adalah dengan menggunakan aliran by-pass dari kolam elemen bakar ke di delay chamber. sehingga rugi tekanan tidak terlalu besar. Suhu pendingin primer juga dapat diturunkan dengan cara menurunkan daya reaktor, meningkatkan kinerja alat penukar kalor dan menara pendingin.

### ABSTRACT

**ANALYSIS OF PRIMARY COOLANT SUCTION SIDE PRESSURE IN THE DELAY CHAMBER OF THE RSG-GAS :** Delay chamber is a tank to delay flow that located in the primary cooling suction side of RSG-GAS. A void occurred when operation reactor caused by too high the  $\Delta P$  at inlet suction pump. The condition may be avoided by using one line mode of the cooling flow. The analysis shows that void volume in the delay chamber is occurred because the coolant negative pressure lowers the saturation pressure. Ideally, the saturation pressure should be avoided through decreasing the  $\Delta P$  until about 0.1 bar at about 45°C. Solution suggested are to use bypass flow from the spent fuel to the delay chamber. Coolant temperature can be also decreased by decreasing the power level of the reactor as well as improving the heat exchanger and cooling tower performances.

Keywords : pressure

### PENDAHULUAN

Delay chamber merupakan salah satu bagian sistem tangki penunda yang penting pada sistem jaringan pendingin yang berada di sisi hisap pompa pendingin primer. Kegunaan delay chamber ini adalah untuk menunda waktu tempuh isotop N-16 dari teras reaktor sampai meluruh sampai batas waktu (detik) tertentu. Gejala yang terjadi di dalam sistem delay chamber dapat mengakibatkan hambatan pada operasi normal reaktor RSG-GAS daya tinggi. Terjadinya kondisi sistem dua fasa di mana sejumlah volum udara, terkumpul di delay chamber saat dioperasikan perlu dicarikan solusi secara benar. Volum udara (void) yang mengisi ruangan bagian atas delay chamber, menyebabkan naiknya ketinggian air kolam reaktor. Untuk mengeluarkan udara dari dalam delay chamber, setelah operasi biasanya dilakukan penghembusan udara tersebut melalui fasilitas pipa katup venting di atas delay

chamber<sup>[9]</sup>.

Fluida pendingin melintasi delay chamber dengan struktur cross flow area yang tidak seragam, kompleks dan memiliki kecepatan linier aliran ataupun tingkat turbulensinya tidak mungkin dapat ditentukan dengan tepat. Sementara itu rugi tekanan di sepanjang lintasan di dalam delay chamber berakibat rendahnya tekanan sisi hisap pompa primer, di mana pada saat reaktor dioperasikan daya tinggi sering tercapai batas set point -0.15 bar<sup>[10]</sup>. Selanjutnya pompa primer akan berhenti dan mengakibatkan reaktor terpancung (scram). Peristiwa terpancung ini merupakan kondisi terhambatnya kontinuitas operasi normal reaktor. Karena itu dengan mengkaji dan menganalisa berbagai hal yang berkenaan dengan keadaan di delay chamber ini, diharapkan dapat dilakukan langkah solusi yang pasti dan memberikan hasil analisa seperti yang diharapkan.

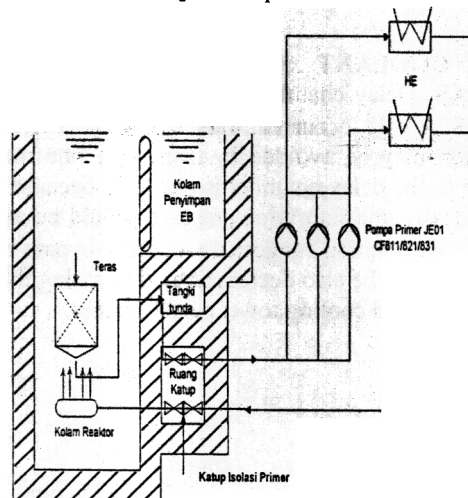
Dari uraian yang dikemukakan sebagai latar belakang di atas maka tujuan penelitian ini adalah untuk mencari solusi alternatif yang dapat dilakukan terhadap gejala di *delay chamber* melalui analisa tekanan terhadap parameter yang terkait seperti sifat fisik, sifat termodinamika air.

**SISTEM PENDINGIN PRIMER [2]**

Sistem pendingin primer berguna untuk mengambil energi kalor yang dibangkitkan dari reaktor dan dengan menggunakan dua buah pompa sirkulasi secara seri. Alat penukar kalor berada pada sisi *discharge* pompa primer berperan dalam memindahkan energi kalor dari sistem pendingin primer ke pendingin sekunder sebagaimana disajikan pada Gambar 1. Kapasitas normal pendingin primer dan sekunder masing-masing adalah sebesar 3200 m<sup>3</sup>/jam dan 3900 m<sup>3</sup>/jam.

Berdasarkan desain *delay chamber*, pada operasi reaktor daya termal 30 MW, suhu maksimum air pendingin primer dari teras menuju *delay chamber* adalah 48°C.

Sisi hisap pompa pendingin primer melewati *delay chamber* dan menetrasi perisai beton. *Delay chamber* memiliki volum kubus sebesar 80 m<sup>3</sup> dan merupakan bagian integral dari blok reaktor dengan lokasi di bawah kolam penyimpan elemen bakar. Plat penyekat di dalam *delay chamber* membagi ruangan menjadi beberapa kompartemen yang berfungsi sebagai penghambat aliran pendingin sehingga isotop radioaktif N-16 dari teras reaktor dapat meluruh. Kemudian pendingin meninggalkan *delay chamber* menuju kamar katup (*valve chamber*) yang berada didekatnya dan selanjutnya melewati pipa 600 mm mengalir ke arah dua unit alat penukar kalor di ruang sel primer.



Gambar Diagram Sistem Pendingin Reaktor

**TEORI**

Prinsip dasar yang mendukung analisa tekanan di *delay chamber* ini adalah hubungan antara tekanan - suhu dan rugi tekanan aliran. Di dalam sistem termodinamika air, terdapat hubungan terkait antara nilai tekanan uap saturasi dengan suhu yang diberikan. Hubungan ini umumnya dapat dilihat pada diagram Mollier atau dengan (*Steam Tables*).<sup>[3]</sup>

Rugi tekanan ( $\Delta P$ ) merupakan suatu parameter yang mengakibatkan turunnya tekanan pada suatu sistem aliran pendingin.  $\Delta P$  dari suatu fluida yang mengalir melalui saluran yang secara umum disebabkan oleh beberapa bentuk hilangnya energi kinetik karena friksi dan perubahan luas penampang yang dilalui. Keadaan

ini ditulis dalam persamaan umum yang dikutip dari persamaan faktor friksi *fanning* berikut ini :<sup>[4]</sup>

$$\Delta P = (4 f \frac{L}{D} + \Sigma K_i) \frac{\rho V^2}{2 g_c}$$

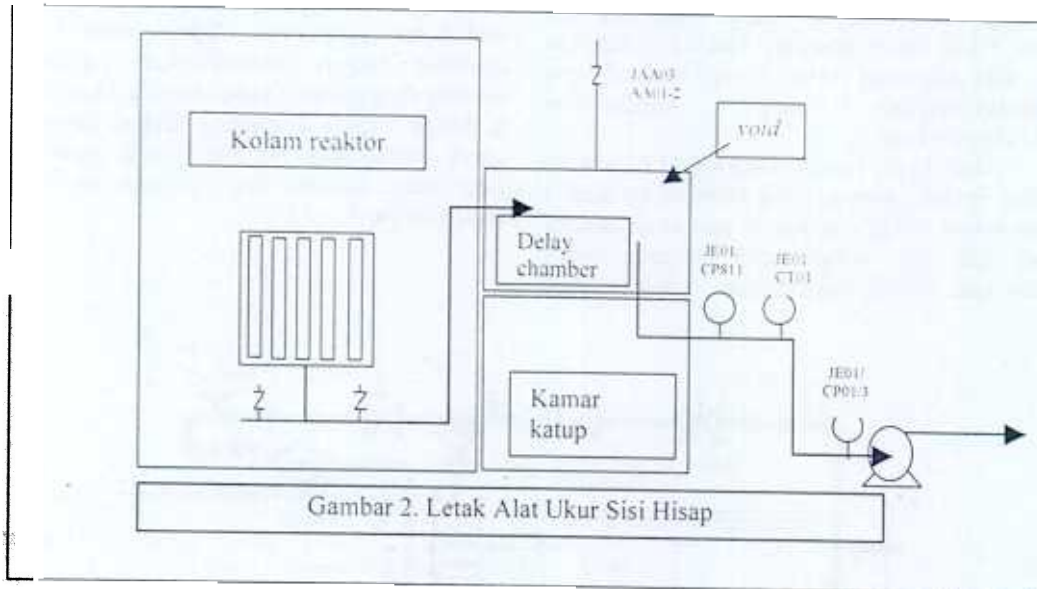
di mana,

- f = faktor friksi
- V = laju (linier) aliran pendingin
- g<sub>c</sub> = konversi percepatan gravitas
- Σ K<sub>i</sub> = jumlah koefisien friksi I
- L = panjang saluran
- D = diameter
- ρ = densitas.

## ANALISA DAN SOLUSI

Kondisi yang dapat terjadi sebagai penyebab *void* di dalam *delay chamber* telah dikemukakan dalam penelitian sebelumnya. [11]

diantaranya kebocoran saluran/ dinding *delay chamber*, lepasnya gas terlarut dan tekanan *delay chamber* yang rendah. Namun diungkapkan bahwa tekanan yang terlalu rendah adalah penyebab yang paling memungkinkan.



Langkah analisa yang penting adalah tindakan identifikasi alat ukur di sekitar *delay chamber* [2]. Di sisi inlet pompa primer ada indikator tekanan otomatis (JE01/CP01/3) sebagai proteksi terhadap kavitasi. *Delay chamber* dilengkapi pipa *venting* dengan katup (JAA03/AA01/2) yang berujung di balai operasi. Alat ukur tekanan yang dekat *delay chamber* ialah JE01/CP811 (Gambar 2). Indikator JE01/CT01 adalah pengukur suhu yang representatif untuk mengetahui suhu pendingin di *delay chamber*.

Catatan operasi pada daya reaktor 25 MW menunjukkan bahwa JE01/CP811 berada sekitar 0,05 bar [6,11]. Sementara itu laju pembentukan *void* juga akan berlangsung apabila suhu air pendingin primer bergerak naik atau tekanan turun, sedemikian rupa sehingga tekanan saturasi ( $P_{sat}$ ) lebih besar daripada tekanan operasinya. Dari keadaan ini, *void* udara di *delay chamber* mengakibatkan tinggi (*level*) air di kolam reaktor naik.

Telah dilaporkan bahwa semakin tinggi daya reaktor, cenderung laju pembentukan *void* semakin besar [1], hal ini berarti dilampauinya tekanan saturasi dan tingginya suhu air primer. Suhu pendingin primer juga dapat diturunkan dengan cara mengurangi daya reaktor, meningkatkan kinerja alat penukar kalor dan menara pendingin.

Diungkapkan pula bahwa volum udara yang terkumpul di *delay chamber* disebabkan oleh tekanan rendah. Tekanan saturasi ini dapat dihindari dengan mengurangi  $\Delta P$  sampai tekanan 0,1 bar atau menurunkan suhu air primer sehingga kondisi ideal 1 fasa air dapat dicapai. Dalam perkembangan selanjutnya telah diperoleh data-data pengamatan dengan laju aliran pendingin primer yang rendah (dengan satu pompa). Berikut ini dapat ditunjukkan bahwa pada moda operasi satu jalur pendingin maka tekanan JE01/CP811 lebih besar dari 0,1 bar (lihat Tabel).

Tabel Data Tekanan di dekat *Delay Chamber*

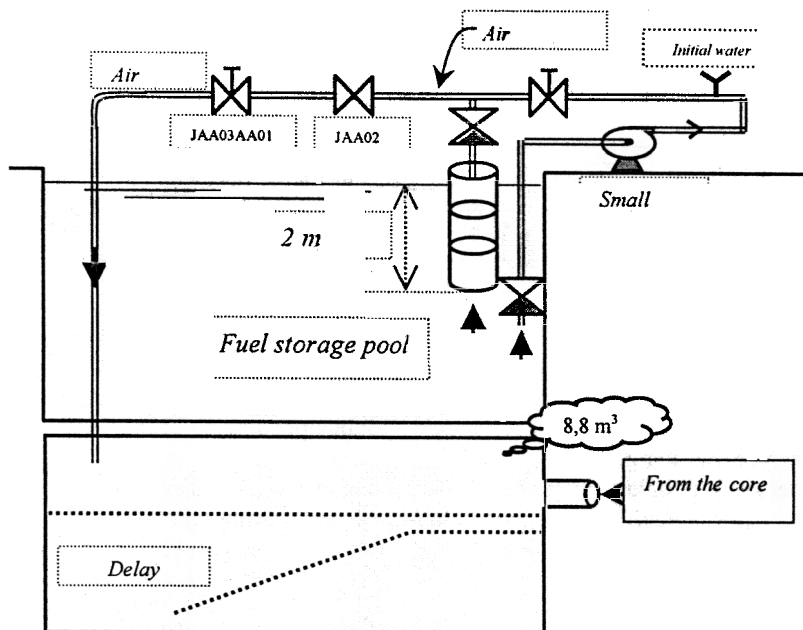
Daya (MW)	Tekanan JE01CP-811 (bar)	Suhu (°C)	Jalur Pendingin
20	0,04 => 0,05	45	2 lines
15	0,05 => 0,10	43	2 lines
10	0,80 => 0,85	46	1 line
7	0,80 => 0,85	40	1 line

Hubungan besarnya  $\Delta P$  dengan laju pendingin dapat ditunjukkan pada persamaan *fanning*, yang berdasarkan persamaan ini  $\Delta P$  dapat dikurangi dengan menurunkan laju pendingin primer. Sehingga dalam penggunaan moda pendingin satu jalur,  $\Delta P$  dapat dikurangi dan kondisi 2 fasa dapat dihindari. Hal ini merupakan salah satu alternatif solusi yang baik dengan mempertimbangkan aspek keselamatan termohidrolika teras.

Upaya penyedotan udara keluar dari *delay chamber* melalui pipa *venting* telah disarankan<sup>[1]</sup>, namun sesuai dengan uraian di atas akan tampak bahwa hal ini bertentangan karena (tidak memberikan solusi), tapi bahkan mempercepat

tercapainya tekanan  $-0,15$  bar pada *inlet* pompa primer (JE01/CP01/3) (Gambar 2). Berikut ini konsep solusi alternatif yang disarankan oleh *Tamai Y* (Gambar 3).<sup>[9]</sup>

Jadi langkah solusi berdasarkan analisa di atas adalah menggunakan sistem aliran by-pass dari kolam penyimpan elemen bakar ke *delay chamber* dengan memanfaatkan saluran pipa venting dengan katup yang tersedia JAA03/AA01-2. Sistem bypass dilengkapi dengan pompa kecil untuk memastikan berlangsungnya aliran secara sinambung. Gambar detail konsep ini disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Solusi Alternatif

**KESIMPULAN**

Volum udara yang disebabkan oleh tekanan rendah melewati tekanan saturasi ini dapat dihindari dengan cara pengurangan  $\Delta P$  sampai tekanan lebih dari 0,1 bar. Dengan menggunakan moda satu jalur pendingin maka kondisi 1 fasa air dapat dicapai. Alternatif lain adalah menggunakan aliran by-pass dari kolam penyimpan elemen bakar ke *delay*

*chamber*, sedemikian hingga tekanan aliran tidak terlalu rendah.

*Void* udara di *delay chamber*” dan “pompa terpancung” merupakan akibat dari tekanan rendah, perlu dihindari penyedotan udara dari *delay chamber* melalui pipa *venting* karena mempercepat tercapainya batas tekanan (*pressure limit*) pada *inlet* pompa.

## DAFTAR PUSTAKA

- SHITOMI H. Activity Expert Report in MPR-30 GA Siwabessy BATAN. Oct. 1992.  
BATAN. SAR. Rev.7. MPR-30 GA Siwabessy. Chapt.5. Chap.116. Sept. 1989.  
BAIN MA. Steam Tables 1964 Physical Properties of Water and Steam. Dept.Of Scientific And Industrial Research, London. 1963.
4. BIRTH S. LIGHTFOOT. "Transport Phenomena" Departemen of Chemical Eng. Univ. of Wisconsin. John Wiley & Sons, Inc. N.Y. 1960.  
PRSG-BATAN. Buku Induk operasi.  
SUDIONO. Komunikasi informal. 1999.  
SETIYANTO. Alternatif Penanggulangan Gangguan Penurunan Tekanan Sistem Primer RSG-GAS. Prosiding Hasil Penelitian 1995 1996 PRSG. hal.220.
  8. SUKMANTO. Fenomena Aliran di Dalam Kamar Tunda RSG-GAS. Jurnal Teknologi Reaktor. ISSN1411-240x, p.14.V-2.N-1. Pebruari 2000.
  9. TAMAI Y. Activity Expert Report in MPR-30 GA Siwabessy BATAN. March. 2000

## DISKUSI

**Pertanyaan** (Slamet Wiranto)

Mengapa ada gelembung di *delay chamber* ?

**Jawaban** (Sukmanto Dibyoy)

Sudah saya sampaikan bahwa penyebabnya adalah tekanan operasi lebih rendah daripada tekanan saturasi pada suhu yang tercatat.

**Pertanyaan** (Agoes Soejoedi)

Sumbangan apa yang dapat disampaikan ?

**Jawaban** (Sukmanto Dibyoy)

Gunakan sistem aliran bypass sehingga rugi tekanan aliran tidak terlalu besar.

**Pertanyaan** (Dhandhang Purwadi)

Bagaimana dengan entalpinya ?

**Jawaban** (Sukmanto Dibyoy)

Selama suhu pendingin "tetap maka entalpi hanya terbangkit dari kalor perubahan fasa (*heat of vaporation*) saja. Jadi *Sensible Heat* konstan.