

MEREDUKSI TERBENTUKNYA GAS DI DALAM *DELAY CHAMBER* REAKTOR RSG-GAS KETIKA OPERASI DAYA 15 MW DENGAN MENGOPERASIKAN 6 MENARA PENDINGIN

Purwadi, Hanapi Ali

PRSG-BATAN Serpong

Email : purwadi14@batan.go.id

Email : hanapiali@batan.go.id

ABSTRAK

Telah dilakukan eksperimen terhadap penambahan volume gas di dalam *delay chamber* selama reaktor beroperasi dengan menambah menara pendingin dari 4 menjadi 6 buah. Eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui jumlah gas yang terakumulasi di dalam *delay chamber* ketika reaktor beroperasi daya 15 MW dipengaruhi oleh suhu sistem pendingin primer dan sekunder. Terbentuknya gas di dalam *delay chamber* setelah reaktor beroperasi daya 15 MW selama 4 hari dapat diamati dari *control level* kolam reaktor sesaat sebelum dan sesudah reaktor *shut down*. Hasil eksperimen menunjukkan penambahan volume gas di dalam *delay chamber* sebesar 6,74 m³ ketika sistem pendingin sekunder dioperasikan dengan 4 menara pendingin dan 5,78 m³ dengan 6 menara pendingin, sehingga bisa mereduksi gas sejumlah 1 m³. Hasil tersebut pengaruhnya tidak signifikan untuk operasi reaktor jangka waktu pendek tetapi akan sangat bermanfaat bila reaktor dioperasikan jangka waktu lama untuk mereduksi gas di dalam *delay chamber* reaktor RSG-GAS.

Kata kunci: delay chamber, reduksi, gas, operasi reaktor, menara pendingin

ABSTRACT

Reduction On Gases Formation In The Delay Chamber RSG-GAS Reaktor When Operating The Power 15 MW With 6 Cooling Towers. It has been performed an experiments of gases volume in expanded delay chamber during reactor operation by adding cooling towers from 4 to 6 pieces. This experiment is aimed to determine the amount of gases accumulated in the delay chamber when the reactor operates 15 MW of power affected by the temperature of the primary and secondary cooling systems. Formation of gases within the delay chamber after the reactor operation 15 MW of power for 4 days can be observed from the reactor pool level control shortly before and after the reactor is shut down. The experimental results show an increase in gases volume within the chamber delay of 6.74 m³ when the secondary cooling system is operated with 4 cooling towers and 5.78 m³ with 6 cooling towers, thus reducing the gases by 1 m³. The results are not significant for short-term reactor operation but it would be useful if the reactor is operated for a long time to reduce the gases in delay chamber of RSG-GAS reactor.

Key word : delay chamber, reduce, gases, reactor operation, cooling towers

PENDAHULUAN

Delay chamber merupakan salah satu bagian dari sistem jaringan pendingin yang berada di sisi hisap pompa pendingin primer. Kegunaan *delay chamber* adalah untuk menunda waktu tempuh isotop N-16 dari teras reaktor sampai meluruh pada waktu (sekon) tertentu. Air pendingin primer melintasi *delay chamber* dengan struktur *cross flow area* yang tidak seragam, kompleks dan memiliki kecepatan linier aliran ataupun tingkat turbulensinya tidak mungkin dapat ditentukan secara tepat.[1] Hal ini merupakan fenomena aliran khusus yang perlu mendapat perhatian untuk dikaji.

Reaktor RSG-GAS telah beroperasi pada daya rendah, daya menengah bahkan telah beroperasi pada daya 30 MW dengan aman. Masalah yang muncul pada pelaksanaan operasi reaktor adalah terkumpulnya sejumlah gas di bagian atas *delay chamber* atau tangki tunda yang akan mempengaruhi/mengganggu kelangsungan pelaksanaan operasi reaktor.[2] Terakumpunya gas di dalam *delay chamber* akan mengakibatkan turunnya tekanan pada sisi hisap pompa primer, apabila penurunan tekanan tersebut melewati batas *setting* (-0,15 bar) akan berakibat pompa primer mati secara otomatis lebih dulu kemudian RPS (*Reactor Protection System*) memerintahkan untuk memadamkan reaktor.[3]

Mengacu pada hasil penelitian yang telah diperoleh sebelumnya, diperkirakan terbentuknya gas di dalam *delay chamber* disebabkan oleh naiknya hilang tekanan di dalam teras akibat suhu air pendingin karena naiknya daya reaktor yang dapat mengakibatkan laju alirnya tidak dapat memenuhi daya hisap pompa, sehingga terjadi ruang kosong dalam *delay chamber*. [4,5] Berdasarkan asumsi tersebut maka kemungkinan alternatif penanggulangannya adalah menambah suplai laju alir melalui pipa tambahan pada sistem venting *delay chamber* atau menurunkan suhu air pendingin primer dan sekunder.

Sejalan dengan tujuan dan asumsi di atas, perlu dilakukan eksperimen terhadap pelaksanaan operasi reaktor pada daya 15 MW yang secara rutin menggunakan 4 buah menara pendingin ditambah menjadi 6 buah menara pendingin untuk menurunkan suhu air pendingin primer. Tujuan eksperimen ini adalah mencari alternatif untuk mereduksi pertambahan gas di dalam *delay chamber* ketika reaktor dioperasikan pada daya tetap 15 MW terutama dalam jangka waktu operasi yang panjang karena akan terjadi penurunan tekanan pada sisi hisap sistem pendingin primer. Permasalahannya seberapa

banyak pengurangan tekanan dan apakah berakibat terhadap kelangsungan operasi pompa primer tersebut.

DESKRIPSI

Sistem Pendingin Primer dan Sekunder

Panas yang dibangkitkan dari elemen bakar dipindahkan secara konveksi paksa ke air pendingin yang mengalir melalui teras. Pendingin reaktor RSG-GAS menggunakan air ringan. Sistem pendingin primer pada operasi normal menggunakan dua buah pompa yang dipasang parallel mempunyai kapasitas total laju alir 3200 m³/jam. Panas diambil dari teras reaktor dan dipindahkan ke sistem pendingin sekunder melalui dua alat penukar panas dan selanjutnya dibuang ke lingkungan melalui 6 menara pendingin yang masing-masing berkapasitas 5,5 MW.[6]

Pada operasi normal sistem pendingin sekunder menggunakan dua pompa dipasang parallel, masing-masing mempunyai kapasitas total laju alir 1950 m³/jam dan untuk daya reaktor 15 MW cukup dengan 4 menara pendingin.

Sistem *Delay Chamber*

Delay chamber berada pada sisi hisap pompa primer, alat penukar panas berada pada sisi *discharge* pompa primer. *Delay chamber* memiliki volume kubus 80 m³ dan merupakan bagian integral dari blok reaktor dengan lokasi di bawah kolam penyimpanan elemen bakar. Plat penyekat di dalam *delay chamber* membagi ruangan menjadi 3 kompartemen dengan arah yang berbeda dan berfungsi sebagai penghambat aliran pendingin sehingga aktivitas isotop N-16 dari teras reaktor meluruh menjadi 1/100. Dari *delay chamber* air masuk ke *valve chamber*, kemudian sampai ke pompa yang memungkinkan air ini mengalir ke alat penukar panas (*heat exchanger*) dan kembali lagi ke kolam reaktor.[5]

Lintasan Sistem Pendingin Primer dan Sekunder

Lintasan sistem pendingin primer RSG-GAS merupakan jenis lintasan yang berawal dari kolam reaktor, teras, *delay chamber* ruang katup dimana lintasan pendingin primer dibagi menjadi tiga lintasan yang paralel yang masing-masing terdiri dari pompa primer dan alat penukar panas serta beberapa sensor, kemudian aliran kembali menyatu menuju teras melalui ring distributor.[1] Sedangkan lintasan sistem pendingin sekunder berawal dari kolam menara pendingin terdiri dari dua lintasan menuju ruang pompa dipecah menjadi tiga lintasan paralel masing-masing

pompa sekunder dan setelah pompa aliran kembali menjadi dua lintasan menuju alat penukar panas untuk mengambil panas dari sistem pendingin primer untuk dibuang ke lingkungan melalui menara pendingin. Skema sistem pendingin primer dan sekunder reaktor RSG-GAS ditunjukkan pada gambar 1.

Terkumpulnya sejumlah gas/udara di dalam *delay chamber* disebabkan oleh banyak faktor, salah satu penyebab yang dianggap paling dominan adalah adanya perbedaan kelarutan udara di dalam air pendingin antara suhu masuk teras dan keluar teras yang pada akhirnya gas/udara itu akan dibebaskan dari kelarutan di dalam *delay chamber*.

Di sisi lain ada perbedaan tekanan udara antara bagian dalam dan luar *delay chamber* yang dalam keseimbangannya akan membentuk suatu rongga pada belokan-belokan dan permukaan air di dalam *delay chamber* karena adanya gaya gravitasi. Selain itu karena tekanan udara di dalam *delay chamber* < 1 atm maka dengan naiknya suhu air pendingin primer akan memudahkan terjadinya penguapan.[7]

Penurunan tekanan di dalam *delay chamber* dan sekitarnya merupakan proses keseimbangan aliran sistem pendingin primer, penyebabnya karena terjadi penurunan tekanan sepanjang

teras, belokan-belokan, penyusutan atau pengembangan permukaan aliran, pipa-pipa, katup-katup dan konstruksi dari *delay chamber* itu sendiri. Secara umum persamaan penurunan tekanan dapat dituliskan sebagai fungsi kecepatan aliran dan friksi yang tergantung dari bentuk geometri aliran dan bilangan Renold.[2] Persamaan penurunan tekanan setelah melewati bagian pemipaan dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\Delta h = k (v^2/2 g) \dots\dots\dots (1)$$

k = koefisien friksi pipa, tergantung geometri.

v = kecepatan aliran fluida

$k = f.l/d$, untuk pipa lurus.

g = percepatan gravitasi

$k = (1-s1/s2)^2$, untuk ekspansi.

f = koefisien friksi

$k = 0,5 (1-s1/s2)^2$, untuk kontraksi.

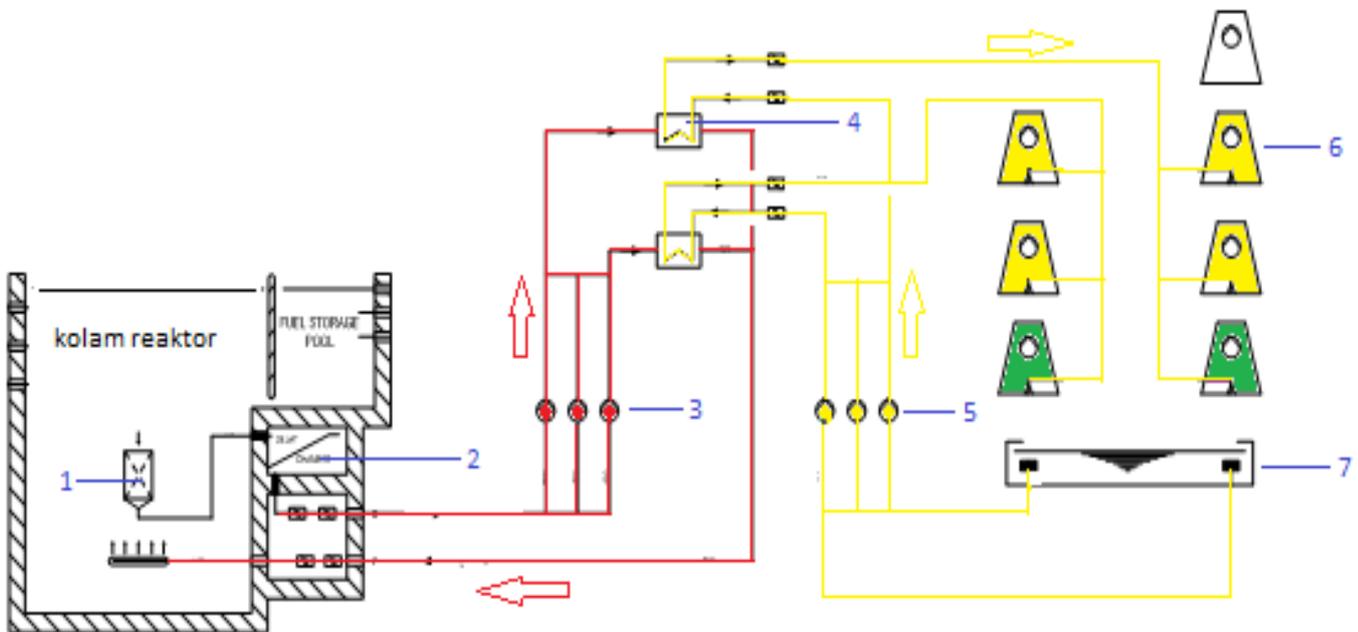
l = panjang pipa

$k = c.f$, untuk sambungan, elbow.

d = diameter pipa

$s1/s2$ = perubahan penampang aliran.

c = konstanta elbow



Keterangan gambar :

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. Teras reaktor | 5. Pompa pendingin sekunder |
| 2. <i>Delay chamber</i> | 6. Menara pendingin |
| 3. Pompa pendingin primer | 7. Kolam menara pendingin |
| 4. <i>Heat exchanger</i> | |

Gambar 1. Skematik Sistem Pendingin Primer Dan Sekunder Reaktor Rsg-Gas

METODOLOGI

1. Sistem Pendingin Sekunder Dioperasikan dengan 4 Menara Pendingin[7]

Reaktor beroperasi rutin dengan daya 15 MW selama 4 hari (100 jam), menjelang selesainya operasi reaktor dan sebelum *shut down* perlu dikontrol agar tidak ada penambahan air ke kolam reaktor (*make up*) dengan menutup katup *make up* air demin GHC01 AA021 dan AA022 dan catat penunjukan *control level* kolam, selanjutnya padamkan reaktor (*shut down*) dengan cara menurunkan batang kendali. Setelah suhu air kolam turun kurang lebih 2 jam setelah reaktor *shut down* matikan pompa primer (JE01AP01 dan AP02), pendinginan air kolam reaktor selanjutnya dengan sirkulasi alam dan sudah tidak ada penambahan gas di dalam *delay chamber*, maka catat kembali penunjukan *control level* kolam reaktor. Pengambilan data dengan membandingkan *control level* kolam sesaat sebelum reaktor *shut down* dengan setelah pompa primer dimatikan, kemudian dilakukan perhitungan dan pembahasan.

2. Sistem Pendingin Sekunder Dioperasikan dengan 6 Menara Pendingin[7]

Langkah eksperimen sama seperti pada eksperimen 1, yang membedakan adalah bahwa pada eksperimen 2 sistem pendingin sekunder

dioperasikan dengan 6 menara pendingin, selanjutnya menghitung besarnya gas/udara yang terkumpul di dalam *delay chamber*.

Besarnya gas/udara yang terkumpul di dalam *delay chamber* tersebut dihitung berdasarkan perubahan level air kolam reaktor selama dan sesudah reaktor operasi daya 15 MW yaitu $V = A \cdot \Delta h$ (luas tampang kolam reaktor + luas tampang kolam elemen bakar bekas) x kenaikan level air kolam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data-data yang dihimpun dalam eksperimen 1, reaktor beroperasi daya 15 MW selama 4 hari atau 100 jam (03-02-2017 s/d 07-02-2017) sistem pendingin sekunder dioperasikan dengan 4 menara pendingin, didapatkan hasil sebagai berikut :

Volume gas/udara yang terjebak di dalam *delay chamber* = (luas tampang kolam reaktor + luas tampang kolam elemen bakar bekas) x kenaikan level air kolam.

$$V = (\pi/4 \cdot 5,0^2) \text{ m}^2 + (5,7 \cdot 5,0) \text{ m}^2 \cdot 0,09 \text{ m} = 48,125 \text{ m}^2 \cdot 0,14 \text{ m} = 6,74 \text{ m}^3$$

Untuk lebih jelasnya, hasil dari eksperimen 1 ditunjukkan dalam tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Data hasil eksperimen dengan sistem pendingin sekunder 4 menara pendingin

Daya reaktor (MW)	Waktu operasi (jam)	Suhu pendingin out let teras (°C)	Level air kolam Sebelum shut down (h1) (m)	Level air kolam Setelah shut down (h2) (m)	Δh (h1-h2) (m)	Volume (m ³)
15	100	41,35	12,53	12,39	0,14	6,74

Sedangkan hasil dari eksperimen 2, reaktor beroperasi daya 15 MW selama 4 hari atau 100 jam (24-02-2017 s/d 28-02-2017) sistem pendingin sekunder dioperasikan dengan 6 menara pendingin, didapatkan hasil seperti ditunjukkan pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Data hasil eksperimen dengan sistem pendingin sekunder 6 menara pendingin

Daya reaktor (MW)	Waktu operasi (jam)	Suhu pendingin out let teras (°C)	Level air kolam Sebelum shut down (h1) (m)	Level air kolam Setelah shut down (h2) (m)	Δh (h1-h2) (m)	Volume (m ³)
15	100	39,42	12,53	12,41	0,12	5,78

Data hasil eksperimen pada Tabel 1 menunjukkan gas/udara yang terkumpul di dalam *delay chamber* sebesar 6,74 m³ ketika reaktor RSG-GAS dioperasikan pada daya 15 MW selama 4 hari (100 jam) dan sistem pendingin sekunder dioperasikan dengan 4 menara pendingin.

Sedangkan data hasil eksperimen pada Tabel 2 menunjukkan gas/udara yang terkumpul di dalam *delay chamber* sebesar 5,78 m³ ketika reaktor RSG-GAS dioperasikan pada daya 15 MW selama 4 hari (100 jam) dan sistem pendingin sekunder dioperasikan dengan 6 menara pendingin.

Dengan menambah menara pendingin sekunder dari 4 menjadi 6 pada eksperimen 2 bisa mereduksi terbentuknya gas/udara di dalam *delay chamber* (6,74 m³ - 5,78 m³) = 0,96 m³ ~ 1 m³.

Besarnya gas/udara di dalam *delay chamber* (6,74 m³) pada eksperimen 1 dan (5,78 m³) pada eksperimen 2 tersebut hanya terjadi selama daya reaktor 15 MW dan setelah reaktor *shut down*, maka gas tersebut mencair sehingga rongga di dalam *delay chamber* terisi air kembali.

Gas/udara di dalam *delay chamber* yang tidak bisa mencair sehingga harus di keluarkan (*venting*) ketika akan menghidupkan sistem pendingin primer telah dilakukan eksperimen pada tahun 2011, pada eksperimen tersebut reaktor dioperasikan pada daya 15 MW selama 11 hari (288 jam) dan sistem pendingin sekunder dioperasikan dengan 4 menara pendingin dan gas/udara yang terkumpul sebesar 4,33 m³. [8]

KESIMPULAN

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan menambah menara pendingin sekunder dari 4 buah menjadi 6 buah ketika reaktor RSG-GAS dioperasikan pada daya 15 MW dapat mereduksi gas di dalam *delay chamber* sebesar 1 m³ disamping dapat menurunkan suhu pendingin *out let* teras dari 41,35 °C menjadi 39,42 °C. Eksperimen tersebut bisa dipertimbangkan menjadi salah satu solusi atau alternative untuk mereduksi gas di dalam *delay chamber* ketika reaktor RSG-GAS akan dioperasikan dalam jangka waktu lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan Operator dan Supervisor reaktor RSG-GAS yang telah membantu pelaksanaan 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. **SUKMANTO DIBYO,** " Analisis Aliran Transien Pada *Delay Chamber* RSG-GAS Dengan *RELAP5/SCDAP/MOD3.2,*" Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir Volume 6, Nomor 3, ISSN1411-240X, Oktober 2004.
2. **HAJIMU SITOMI,** " *STA Expert's in Multi purpose Reactor (MPR-30)*", BATAN, October 1992.
3. **PRSG,** "Laporan Analisa Keselamatan RSG-GAS, revisi 10.1". Jakarta Th.2011.
4. **SUKMANTO DIBYO,** " Fenomena Aliran di Dalam Kamar Tunda RSG-GAS, Jurnal Teknologi Reaktor, ISSN 1411-240X, Februari 2000.
5. **SETIYANTO,** "Alternatif Penanggulangan Gangguan Penurunan Tekanan Sistem Primer RSG-GAS", Hasil-hasil Penelitian 1995-1996, ISSN 0854-5278, PRSG 1996.
6. **ENDIAH P.** "Perpindahan Panas Reaktor RSG-GAS ", Bahan Mengajar Diklat Supervisor Reaktor RSG-GAS, Serpong April 2014.
7. **PRSG,** "Buku Induk Operasi", tahun 2017.
8. **PURWADI dan DJUNAIDI,** " Pengaruh Terbentuknya Udara Dalam *Delay Chamber* Terhadap Operasi Reaktor Pada Teras 75 Operasi V ", Prosiding, Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir ISBN 978-979-17109-6-1, Serpong 28 September 2011.