

---

## PENGARUH KEGAGALAN SATU POMPA PENDINGIN SEKUNDER TERHADAP OPERASI REAKTOR RSG-GAS

Slamet Wiranto

### ABSTRAK

**PENGARUH KEGAGALAN SATU POMPA PENDINGIN SEKUNDER TERHADAP OPERASI REAKTOR RSG-GAS.** Sistem pendingin sekunder RSG-GAS terdiri dari dua blok jalur operasi yang dalam kondisi operasi normal harus dioperasikan secara bersamaan. Berdasarkan pengalaman diperoleh data bahwa sering terjadi kegagalan operasi reaktor yang disebabkan oleh terjadinya kegagalan operasi salah satu pompa. Hal tersebut terjadi karena desain pemipaan yang sudah ada mengharuskan bila terjadi kegagalan pada satu jalur, pompa pada jalur yang lain harus dimatikan dahulu untuk pengisian air ke jalur pemipaan yang terganggu, agar kedua pompa dapat dioperasikan kembali secara bersamaan. Kegiatan ini memerlukan waktu yang cukup lama dan sangat mengganggu terhadap kelancaran operasi reaktor. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan kajian dan tindakan untuk mendapatkan solusi pemecahannya, yaitu dengan cara mempelajari dan menganalisis disain dan cara-cara pengoperasian sistem. Dari hasil kajian diperoleh kesimpulan bahwa untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan perubahan desain sistem pemipaan yaitu memindah jalur pipa yang tidak diperlukan untuk dipasang sebagai pipa penghubung pada kedua sisi tekan pompa antara jalur 1 dan jalur 2, sehingga bila terjadi gangguan pada suatu jalur, pengisian air ke jalur pipa tersebut dapat dilakukan dari jalur yang tidak terganggu tanpa mematikan pompa.

### ABSTRACT

**THE INFLUENCE OF THE SECONDARY COOLING PUMP FAILURE TO RSG-GAS REACTOR OPERATION. RSG-GAS.** secondary cooling system has two operation line blocks, which they must be operated together. Base on the experience has been found data that many time the reactor operation failure were caused by failure of one secondary pump. This case come to the condition of piping design, which when failure of one secondary pump emerged, the other normally pump must be shut down to flood water to the disturbing pipe line, in order to operated again the two pumps together. This activity need long time and often disturb to the reactor operation schedule. To avoid this problem need measures according to learn and analyses the system design and the system manual operation. From this measured can be concluded that the piping design should be modified. There are remove the unused pipes and valves, and then used this old pipe-valve to install the piping joint between the line 1 and line 2 of the pump discharge pipes, so that when the failure of one secondary pump emerged, the filling water to the disturbing pipe line came from the normal line without shutdown the pump.

### PENDAHULUAN

Operasi reaktor pada akhir siklus merupakan pengoperasian reaktor yang paling rawan bila terjadi gangguan yang menyebabkan terjadinya pemadaman atau penurunan daya reaktor. Pada kondisi ini reaktivitas lebih teras sudah tidak mampu lagi untuk mengompensasi timbulnya reaktivitas negatif Xe-135 yang berkembang cepat sesaat setelah pemadaman reaktor. Kondisi ini dapat dihindari dengan kecepatan penanggulangan gangguan yang terjadi. Apabila penanggungan gangguan dapat berlangsung lebih cepat dari peningkatan reaktivitas negatif Xe-135 maka reaktor dapat dioperasikan kembali, tetapi bila penanggungan gangguan berlangsung lambat maka operasi reaktor harus ditunda. Pengoperasian kembali reaktor hanya dapat

dilakukan setelah aktivitas Xe-135 meluruh yaitu minimum setelah 24 jam.

Untuk menghindari kejadian tersebut di atas pengoperasian reaktor perlu didukung oleh komponen dan sistem peralatan yang handal, yang tahan terhadap gangguan dan dilengkapi dengan cara pengoperasian yang mempunyai respon cepat untuk mengatasi gangguan.

Pompa pendingin sekunder merupakan komponen penting dari sekian banyak komponen yang ada di RSG-GAS. Kegagalan operasi pompa pendingin sekunder dapat menyebabkan tertundanya jadwal operasi reaktor. Oleh karena itu keandalan pengoperasian pompa pendingin sekunder harus selalu dijaga.

Berdasarkan pengalaman yang telah lalu diperoleh data bahwa sering terjadi kegagalan operasi reaktor yang disebabkan oleh terjadinya

kegagalan pengoperasian salah satu pompa pendingin sekunder. Hal ini terjadi karena pengoperasian pompa cadangan atau pengoperasian kembali pompa yang terganggu memerlukan waktu yang lama, sehingga reaktivitas negatif Xe-135 telah naik cukup besar, menyebabkan tertundanya operasi reaktor karena reaktor sudah tidak dapat dioperasikan kembali, sampai aktivitas Xe-135 meluruh yang memerlukan waktu minimum 24 jam.

Kondisi ini tentu sangat mengganggu kelancaran operasi reaktor, maka perlu dicarikan solusi dengan mempelajari dan menganalisis disain sistem dan cara-cara pengoperasian apakah dapat dioptimalkan sehingga pengoperasian kembali pompa cadangan atau pengoperasian pompa yang terganggu dapat dilakukan lebih cepat, dengan tetap memperhatikan aspek keselamatan sistem.

Dalam makalah ini akan dibahas beberapa aspek mulai dari mengapa diperlukan waktu yang cepat saat menangani gangguan, berapa lama selama ini gangguan dapat diatasi dan solusi apa yang mungkin lebih baik yang dapat diterapkan untuk meminimalkan gangguan operasi reaktor.

Dengan diselesaikan makalah ini diharapkan telah diperoleh solusi untuk meminimalkan gangguan pengoperasian pompa pendingin sekunder yang selama ini terjadi, dan dapat diaplikasikan, sehingga meskipun terjadi gangguan, hal tersebut dapat diantisipasi dengan cepat sehingga keandalan operasi reaktor tetap terjaga baik.

## DESKRIPSI SISTEM

Sistem pendingin sekunder merupakan tempat pembuangan panas terakhir dari sistem pendingin RSG-GAS. Pompa menghisap fluida kerja dari kolam menara pendingin, diteruskan ke alat penukar kalor untuk mengambil panas dari sistem pendingin primer, kemudian dialirkan kembali ke kolam menara pendingin. Sistem ini direncanakan mampu membuang panas teras total sebesar 33.000 kW, dengan mempertahankan temperatur air pendingin primer yang kembali ke kolam reaktor tidak melebihi 42 °C.<sup>1)</sup>

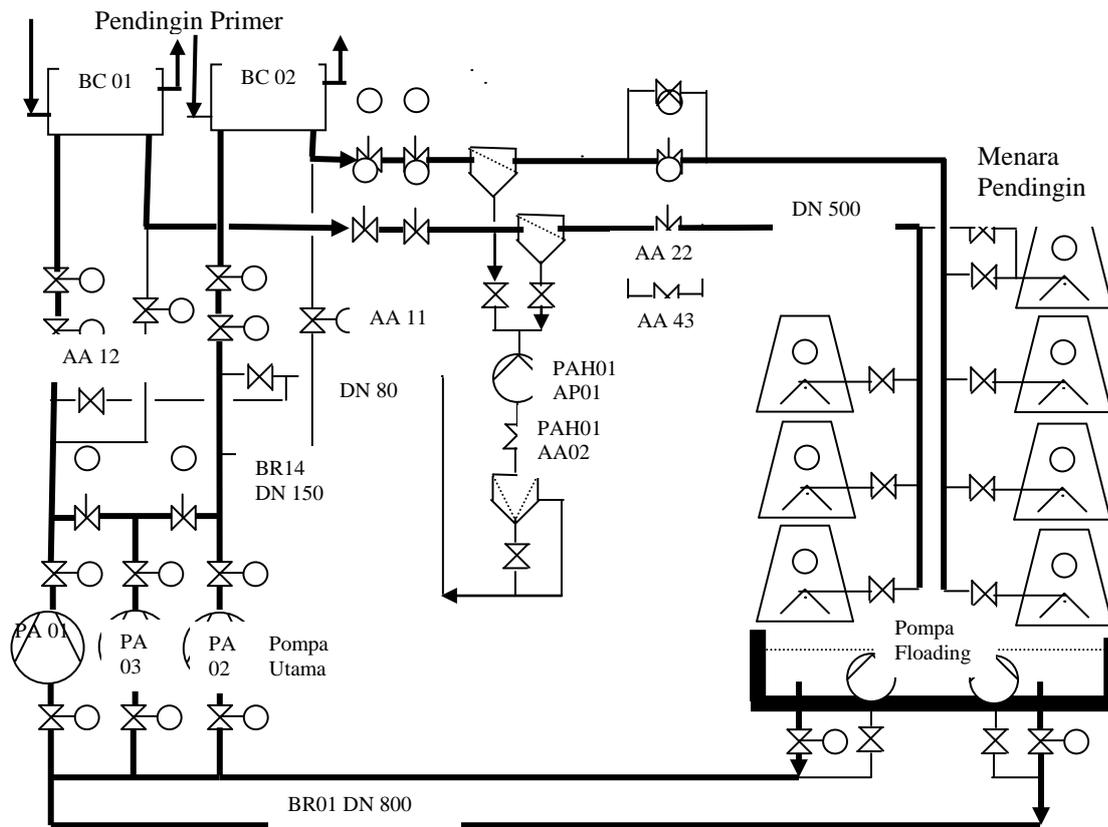
Fluida kerja sistem pendingin sekunder adalah air yang diambil langsung dari sistem penyediaan air setempat tanpa pengolahan lanjut. Sistem terdiri dari 2 jalur pemipaan yang masing-masing bagian 50 %, terdiri dari pompa, alat penukar kalor, saringan mekanik, dan 2 blok menara pendingin dengan masing-masing dilengkapi 3 *blower* menara pendingin.

Ketiga pompa pendingin mempunyai tipe dan fungsi yang sama. Setiap unit terdiri dari pompa proses digerakkan oleh motor sangkar kurung melalui sambungan kopling sentrifugal. Bagian-bagian pompa yang berhubungan dengan air (*runer*, *casing* dll.) terbuat dari *cast iron* yang diperkuat dengan *stainless stell*. Rumah pompa dilengkapi saluran pengudaraan (*venting*) dan saluran pembuangan (*drainage*). Manometer tekanan terdapat pada sisi hisap dan sisi keluar pompa. Motor listrik dirancang untuk beroperasi pada 80% tegangan fasenya. Setiap motor dilengkapi dengan indikator kecepatan putaran.

Sistem menara pendingin mempunyai 7 modul menara pendingin, ditempatkan diatas kolam yang terbuat dari beton dan dibagi menjadi 2 blok sejajar masing-masing terdiri dari 3 modul dan 4 modul. Modul-modul ini merupakan tipe film pendingin, udara dihisap secara paksa dari bawah ke atas oleh *blower* menara pendingin, ke sistem pendistribusian air yang terdapat pada bagian atas. Udara akan terhirup melalui celah-celah udara yang terdapat pada dinding menara, dan terbawa keatas bersama-sama butir-butir air yang berupa film melalui kipas-kipas, dan kemudian jatuh ke bawah ke kolam menara pendingin setelah temperturnya berkurang. Diantara kedua blok menara pendingin terdapat gang yang dipergunakan untuk mengontrol dan perbaikan. Gambar bagan sistem pendingin sekunder RSG-GAS seperti terlihat Gambar 2.

Sistem pendingin sekunder hanya bisa dijalankan jika kolam menara pendingin telah diisi air sampai pada batas operasinya. Masing-masing pompa dirancang untuk beban 50 % dari beban total dan tidak diizinkan mengoperasikan sistem dengan lebih dari 2 pompa. Pompa ke 3 disediakan untuk cadangan.

Pompa-pompa pendingin sekunder adalah pompa sentrifugal 1 tingkat (lihat Tabel 1), sebelum pompa memikul beban, motor diputar sampai tercapai putaran operasi, kemudian secara otomatis kopling masuk memutar pompa untuk memikul beban. Untuk menghindari hentakan air (*water hammer*) sebelum pompa dijalankan, 2 buah katup sisi keluar pompa dikondisikan dalam keadaan tertutup. Setelah putaran mencapai 80 %, katup-katup tersebut akan otomatis membuka. Jika katup-katup tersebut gagal membuka dalam waktu 80 detik maka pemutus arus akan otomatis mematikan motor penggerak pompa.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS

Tabel 1. Spesifikasi pompa pendingin sekunder RSG-GAS <sup>1)</sup>

No.	Deskripsi	Satuan	Harga/keterangan
1	Tipe pompa	-	Sentrifugal, 1 tingkat
2	Diameter pipa sisi masuk	mm	600
3	Diameter pipa sisi keluar	mm	500
4	Kapasitas aliran	m <sup>3</sup> /jam	1950
7	Head Total	m	28
8	Daya motor PA01 AP01 / PA02 AP01	kwatt	220
9	Kecepatan putaran motor	rpm	1480
10	Tegangan	volt	380
11	Fase	-	3
12	Frekuensi	Hz	50
13	Faktor daya	-	0,86
14	Tekanan operasi sisi hisap	bar	□ 0,28
15	Tekanan operasi sisi tekan	bar	□ 3

Sistem pendingin sekunder RSG-GAS dilengkapi dengan subsistem-subsistem yang berfungsi untuk menjaga unjuk kerja sistem dan untuk mencegah penurunan integritas komponen-komponennya. Dibawah ini akan diuraikan secara singkat 4 subsistem yang berhubungan dengan system pengoperasian pompa pendingin sekunder.

#### 1. Sistem pompa *flooding*.

Sistem ini mempunyai 2 fungsi yaitu:

- Untuk mengisi seluruh jalur utama pipa pendingin sekunder dengan air, agar pada saat pompa utama dijalankan (*start-up*) tidak terjadi hentakan (*water hammer*) pada pipa tekan terutama pada pipa yang mempunyai elevasi tinggi.
- Berfungsi untuk mensirkulasi air kolam menara pendingin pada saat pompa utama tidak beroperasi, agar bahan kimia yang ditambahkan untuk mencegah korosi, lumut, pengkerakan, dan lain-lain bisa selalu terdistribusi secara merata pada seluruh jalur utama pipa.

#### 2. Sistem *blow-down*

Sistem ini berfungsi secara otomatis membuka katup pembuangan untuk membuang air pendingin sekunder bila konduktivitas air telah melampaui harga batas yang diizinkan, dan menutup kembali apabila konduktivitas air sudah kembali ke harga batas normal.

#### 3. Sistem pembersih pipa penukar panas.

Alat penukar kalor yang digunakan di RSG-GAS adalah tipe *shell and tube*, dimana sistem pendingin sekunder pada sisi *tube* menggunakan 816 batang pipa tiap laluan dengan diameter masing-masing 22 mm. Untuk mencegah timbulnya pengkerakan pada pipa tersebut maka digunakan sistem pembersih pipa alat penukar kalor dengan melewati bola-bola *spong* (bola berserabut yang bisa mengempot) kedalam pipa-pipa secara kontinyu pada saat sistem pendingin sekunder beroperasi.

#### 4. Sistem pemantau radiasi

Dalam alat penukar panas terdapat 2 macam air yang tidak diizinkan terjadi kontak secara langsung. Pada saat reaktor beroperasi air panas pada sistem pendingin primer mempunyai tingkat radiasi tinggi. Apabila terjadi kebocoran pada pipa-pipa alat penukar kalor ada kemungkinan air pendingin primer masuk ke sistem pendingin sekunder. Apabila hal ini terjadi maka alat pemantau radiasi yang dipasang pada sisi keluar alat penukar kalor mendeteksi adanya radiasi, dan bila tingkat radiasi

melewati harga batas, alat pemantau radiasi secara otomatis memberikan perintah untuk menutup katup-katup isolasi alat penukar kalor sekaligus mematikan pompa dan operasi reaktor. Dengan demikian air pendingin sekunder yang terkontaminasi tidak keluar ke menara pendingin. Maka pencemaran lingkungan melalui sistem pendingin dapat dicegah.

### TATA KERJA

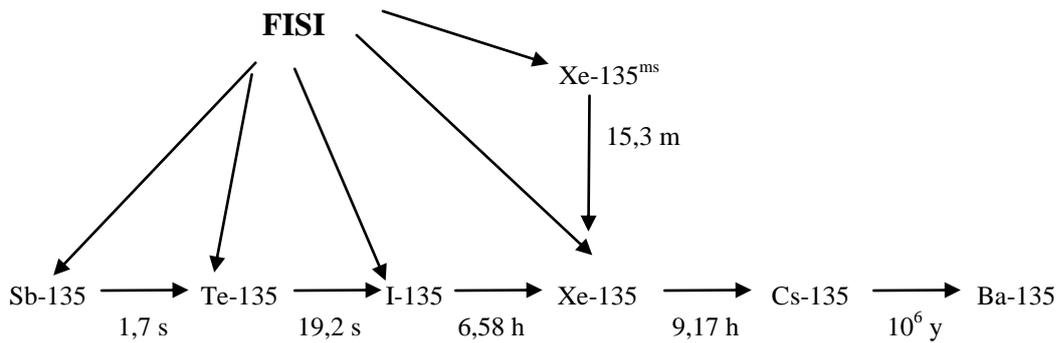
Untuk memudahkan evaluasi berturut-turut disajikan deskripsi singkat tentang sistem pendingin sekunder, mengapa setiap gangguan yang timbul harus segera dapat ditangani dengan cepat, gangguan-gangguan operasi reaktor yang telah terjadi akibat kegagalan operasi satu pompa pendingin sekunder, dan menemukan bagaimana cara untuk mengatasi gangguan-gangguan tersebut agar pengoperasian reaktor dapat berlangsung lebih efektif dan selamat sesuai jadwal yang telah ditentukan.

Setelah itu dilakukan kajian dan pembahasan masalah dengan cara mempelajari desain pemipaan dan cara-cara pengoperasian pompa melakukan analisis dengan membuang jalur-jalur pipa yang tidak diperlukan dan menambah/memindah pipa tersebut agar sistem pengoperasian pompa cadangan atau pengoperasian pompa yang terganggu dapat berlangsung lebih cepat.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengalaman operasi reaktor yang telah lalu, sering ditemukan kejadian penundaan operasi reaktor hingga lebih 24 jam akibat adanya gangguan yang menyebabkan pemadaman/penurunan daya reaktor. Hal ini berlangsung bila gangguan tersebut terjadi pada bagian akhir siklus operasi dimana burn-up bahan bakar sudah cukup besar sehingga reaktivitas lebih teras sudah mengecil dan tidak mampu lagi untuk mengkompensasi racun X-135 yang naik tajam setelah pemadaman reaktor. Sebagai gambaran bagaimana Xe-135 dapat menunda pengoperasian reaktor, di bawah ini dijelaskan secara singkat kronologinya.

Xe-135 merupakan unsur yang mempunyaiampang serapan neutron yang sangat besar ( $2,7 \times 10^6$  barn) yang selalu terbentuk pada suatu reaksi fisi berantai. unsur ini bisa terbentuk secara langsung dari hasil reaksi fisi dan dari peluruhan produk fisi dari reaksi fisi, seperti terlihat pada Gambar 2 di bawah ini<sup>21</sup>:



Gambar 2. Proses terbentuknya Xe-135 pada reaktor thermal

Konsentrasi racun Xe-135 yang ada merupakan penjumlahan dari Xe-135 yang terbentuk akibat reaksi fisi dan peluruhan I-135 dikurangi peluruhan Xe-135 dan reaksi serapan oleh neutron. Pada suatu saat (~ 40 jam setelah reaktor beroperasi) konsentrasi Xe-135 akan mencapai setimbang yaitu jumlah seluruh Xe-135 yang terbentuk sama dengan jumlah Xe-135 yang hilang.

Pada saat reaktor padam (fluks neutron ≈ 0), maka tidak terjadi lagi serapan neutron oleh Xe-135, demikian pula tidak terdapat lagi Xe-135 yang dihasilkan langsung dari reaksi fisi, tetapi Xe-135 masih dihasilkan dari peluruhan I-135. Hal ini menyebabkan konsentrasi Xe-135 setelah reaktor padam akan naik dan mencapai puncaknya ~11,6 jam setelah reaktor padam, kemudian akan turun karena waktu paro I-135 lebih kecil dibanding waktu paro Xe-135 menjadi Cs-135.

Untuk mengoperasikan reaktor kembali diperlukan waktu yang cepat sebelum konsentrasi Xe-135 membesar, dengan menggunakan reaktivitas lebih teras yang masih tersisa. Apabila penyelesaian gangguan atau pengoperasian pompa cadangan berlangsung cepat maka reaktor dapat dioperasikan kembali ke daya semula agar konsentrasi Xe-135 yang ada dapat kembali di serap oleh neutron. Namun jika proses penyelesaian gangguan atau pengoperasian gangguan berlangsung lambat maka pengoperasian reaktor harus di tunda minimal 24 jam menunggu aktivitas Xe-135 meluruh.

Dari data gangguan pengoperasian pendingin sekunder RSG-GAS yang telah lalu, diperoleh data beberapa kali operasi reaktor tertunda akibat kelambatan penanganan gangguan. (lihat Tabel 2).

Tabel 2. Kegagalan operasi satu pompa pendingin sekunder yang mengganggu operasi reaktor dari siklus operasi 61 s/d 66<sup>31</sup>

Tanggal	Pompa yang mati	Akibat gangguan	Keterangan
31-07-2007	Pompa 3	Operasi reaktor dihentikan	IO61/05/2007
02-08-2007	Pompa 2	Operasi reaktor dihentikan	IO61/06/2007
15-11-2007	Pompa 1	Operasi reaktor turun ke daya rendah	IO62/04/2007
04-01-2008	Pompa 1	Operasi reaktor turun ke daya rendah	IO63/01/2008
26-06-2008	Pompa 1	Operasi reaktor dihentikan	IO64/07/2008
11-08-2008	Pompa 3	Operasi reaktor turun ke daya rendah	IO65/01/2008
17-08-2008	Pompa 2	Operasi reaktor turun ke daya rendah	IO65/02/2008
07-09-2008	Pompa 2	Operasi reaktor turun ke daya rendah	IO65/05/2008
08-09-2008	Pompa 2	Operasi reaktor turun ke daya 7,5 MW	IO65/05/2008
29-11-2008	Pompa 2	Operasi reaktor dihentikan	IO66/01/2008
14-01-2009	Pompa 1	Operasi reaktor turun ke daya rendah	IO66/05/2009
15-01-2009	Pompa 3	Operasi reaktor turun ke daya 7,5 MW	IO66/05/2009
07-02-2009	Pompa 2	Operasi reaktor turun ke daya rendah	IO66/07/2009
15-03-2009	Pompa 3	Operasi reaktor turun ke daya rendah	IO66/05/2009
18-04-2009	Pompa 1	Operasi reaktor turun ke daya rendah	IO66/07/2009

Hal tersebut terjadi karena desain pemipaan yang sudah ada mengharuskan bila terjadi kegagalan pada satu jalur, pompa pada jalur yang lain harus dimatikan terlebih dahulu untuk dilakukan

pengisian air ke jalur pemipaan yang terganggu, agar kedua pompa dapat dioperasikan kembali secara bersamaan.

Kondisi seperti tersebut di atas timbul karena RSG-GAS meghendaki tekanan sisi primer pada penukar panas harus lebih besar dari sisi sekunder agar bila terjadi kebocoran pada pipa-pipa penukar panas air kotor dari sisi sekunder tidak terbawa ke kolam reaktor agar tidak merusak struktur reaktor. Mengacu pada alasan tersebut maka telah di desain tata letak komponen-komponen system pendingin primer dan sekunder sebagai berikut:

- Permukaan air kolam reaktor pada level + 13,0 m
- Permukaan air kolam menara pendingin pada level 0,00 m
- Penukar panas pada posisi vertikal dengan pipa masuk/keluar sisi primer + 9,00 m dan sisi sekunder + 10,40 m
- Letak pompa pendingin primer pada level 0,00 m dan pompa pendingin sekunder pada level - 6,5 m

Dari tata letak seperti ini permasalahan timbul apabila tiba-tiba pompa mati maka pada jalur pemipaan sisi sekunder pada level 0,00 m hingga + 10,40 m akan terjadi kekosongan karena air yang ada pada pipa tersebut akan mengalir secara gravitasi ke kolam menara pendingin. Dalam hal ini apabila pompa langsung dioperasikan kembali pada pipa tersebut akan terjadi hentakan air yang kuat (*water hammer*) yang dapat berakibat merusakkan sistem pemipaan. Oleh karena itu sebelum pengoperasian pompa seluruh jalur pemipaan harus terlebih dahulu dipenuhi air.

Pada awalnya sebagaimana pengoperasian pompa-pompa besar yang lain, sebelum *start-up* pompa, satu katup sisi tekan pompa AA12 dalam kondisi menutup. Setelah pompa dioperasikan dan putaran motor mencapai 80% katup AA12 tersebut membuka otomatis. Air mengalir menuju penukar panas, kemudian keluar melalui pipa pendingin

sekunder yang berada pada level + 10,4 m kemudian turun ke kolam menara pendingin yang berada pada level 0.00 m. Karena pada saat itu dalam pipa dari level 0.00 m hingga level 10,40 m tidak terisi air maka pada saat start-up pompa terjadi pukulan air (*water hammer*) yang menyebabkan pipa sekunder pada sisi ini bergetar kuat.

Untuk menghindari kejadian tersebut maka dibuat perubahan prosedur pengoperasian pompa sebagai berikut:

- Sebelum *start-up* pompa seluruh pemipaan pada jalur tersebut harus telah terisi air, diisi dengan pompa kecil (pompa *floating*).
- Dilakukan penutupan katup sisi tekan pompa sebelum penukar panas yaitu AA 12 (level - 1,00m) dan katup sisi tekan setelah penukar panas yaitu AA 22 (level - 1.50m)
- Setelah pompa start-up, jika putaran motor pompa mencapai 80% katup AA12 membuka otomatis, setelah beberapa saat katup AA22 menyusul membuka otomatis.

Dengan prosedur operasi seperti ini pengoperasian pompa dapat berlangsung dengan baik, tidak terjadi getaran pipa keras seperti pada cara pengoperasian pertama. Problem timbul pada saat terjadi gangguan operasi pada salah satu pompa. Untuk mengoperasikan pompa cadangan terlebih dahulu harus mengisi air ke jalur pompa yang terganggu, hal ini hanya dapat dilakukan jika pompa pada jalur yang tidak terganggu dimatikan. Berdasarkan pengalaman kegiatan ini memerlukan waktu yang cukup lama  $\pm 1$  jam (lihat Tabel 2), sehingga jika kejadian ini terjadi pada akhir siklus maka operasi reaktor harus di tunda minimum 24 jam, atau bila terjadi pada awal siklus daya reaktor harus diturunkan ke daya rendah pada saat kedua pompa sekunder dimatikan.

Tabel 2. Waktu yang diperlukan untuk pengoperasian pompa cadangan setelah terjadi kegagalan satu pompa<sup>31</sup>

No.	Uraian kegiatan	Waktu (menit)
1	Perjalanan dari RCU ke ruang pompa sekunder	5
2	Penutupan katup PA01 AA43, PA02 AA43 dan PAH01 AA02	10
3	Perjalanan dari ruang pompa ke pompa floating	5
4	Penurunan daya reaktor ke daya rendah dan mematikan pompa yang tidak terganggu	10
5	Pengoperasian pompa floating hingga seluruh pipa terisi air	20
6	Pengoperasian kembali 2 buah pompa	10
Total waktu yang diperlukan		60

Untuk menyelesaikan masalah di atas ada dua pilihan solusi yang dapat dilakukan dengan mengubah desain pemipaan dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing sebagai berikut :

#### Pilihan1

Menambahkan 2 katup isolasi yang dapat dioperasikan dari ruang kendali utama pada sisi tekan pompa pada pipa PA01 BR01 (Lihat Gambar 3), sehingga kedua jalur pemipaan system sekunder benar-benar terpisah.

Kelebihan:

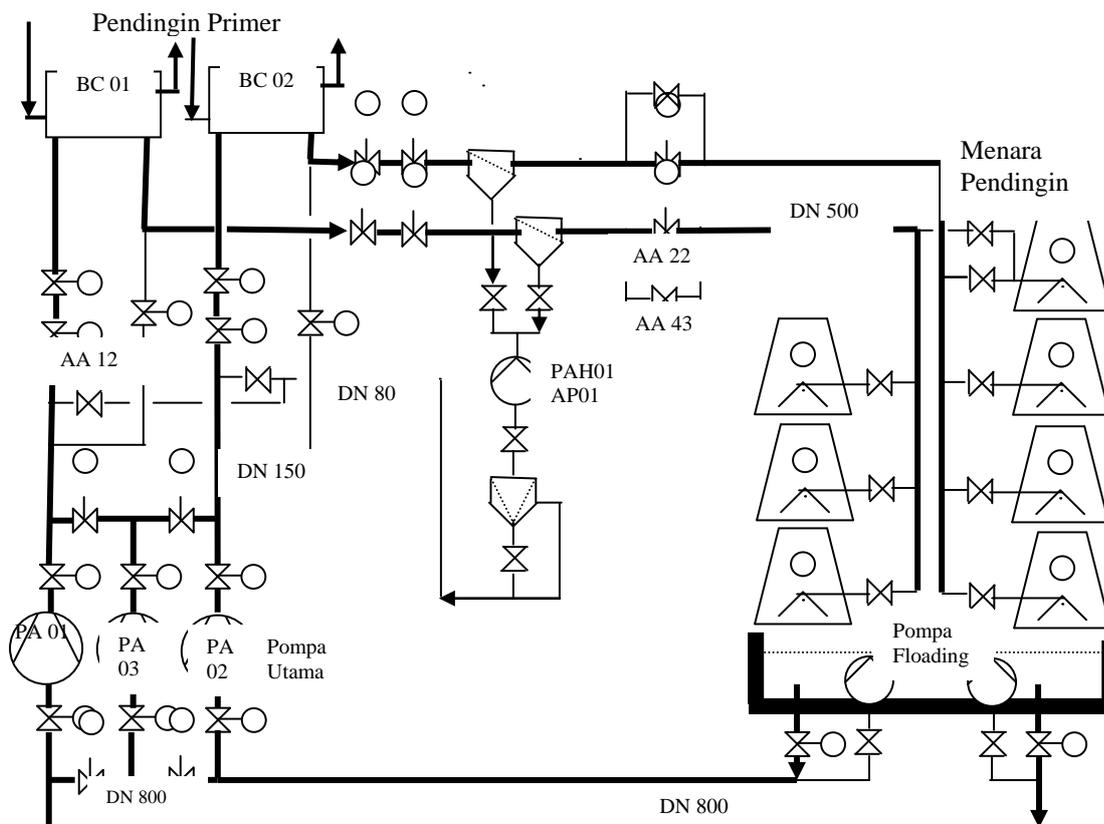
- Kedua pompa dapat beroperasi independen sehingga bila terjadi gangguan pada salah satu jalur pompa, untuk mengoperasikan kembali pompa yang terganggu atau mengoperasikan pompa cadangan tidak perlu mematikan pompa yang lain yang masih beroperasi.

Kekurangan:

- Katup yang ditambahkan pada pipa BR01 adalah berukuran besar diameter pipa 800 mm, sehingga

memerlukan biaya yang besar dan pengerjaan yang lebih sulit

- Untuk mengisi air pada jalur yang terganggu, operator tetap harus ke lokasi untuk mengoperasikan pompa floating yang memakan waktu cukup lama.
- Kedua pompa floating harus selalu dalam kondisi baik, karena dalam kondisi sistem beroperasi, pompa floating hanya dapat digunakan untuk pengisian jalur yang bersangkutan



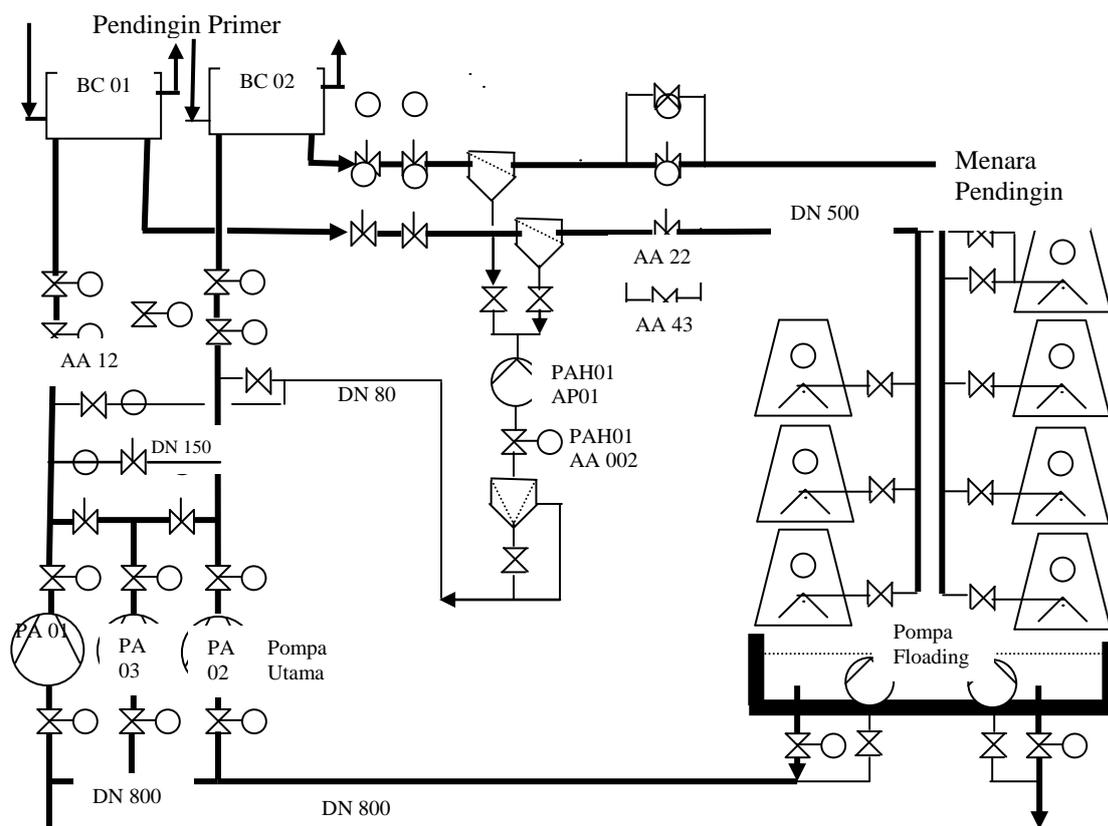
Gambar 3. Blok Diagram Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS (Pilihan 1)

**Pilihan 2.**

Mengubah jalur pemipaan seperti yang terlihat pada Gambar 4, yaitu memindah jalur pipa yang tidak digunakan (PA01 BR14, PA01 AA11 dan PA02 BR14, PA02 AA11), untuk dipasang sebagai pipa penghubung pada kedua sisi tekan pompa antara jalur 1 dan jalur 2

Pipa PA01 BR14 dan PA02 BR14 adalah pipa yang digunakan untuk menghubungkan langsung aliran air dari pompa langsung ke pipa tekan pompa

tanpa melewati penukar panas. Desain ini sebenarnya hanya digunakan untuk negara-negara yang mempunyai perubahan suhu udara yang ekstrim. Bila udara luar terlalu dingin tidak semua air pendingin sekunder dilewatkan penukar panas, untuk menghindari pendinginan yang berlebih pada teras reaktor, karena dapat mempengaruhi reaktivitas teras. Untuk Indonesia yang mempunyai perubahan suhu relatif kecil, pipa BR14 tersebut tidak pernah digunakan.



Gambar 4. Blok Diagram Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS (Pilihan 2)

Oleh karena itu kedua pipa yang telah dilengkapi katup-regulator yang dapat dioperasikan dari RKU, akan sangat berguna bila dipasang untuk menghubungkan sisi tekan kedua jalur pompa, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu jalur, pengisian air pada jalur yang terganggu cukup diambil dari jalur lain yang masih beroperasi tanpa mematikan pompa utama dan tanpa mengoperasikan pompa flooding.

Agar setiap gangguan satu jalur pompa dapat diatasi dengan cepat dari RKU maka diperlukan penggantian katup manual pada sistem pembersih pipa-pipa penukar panas PAH01 AA02 dengan katup bermotor yang dapat dioperasikan dari RKU dan mampu memberikan perintah untuk mematikan pompa PAH01 AP01 apabila katup telah menutup. Hal ini diperlukan agar pada saat pengisian air dari jalur normal ke jalur yang terganggu, katup yang terhubung pada kedua jalur ini dapat ditutup dengan cepat dan juga dapat mematikan pompa sistem PAH.

Kelebihan pada perubahan desain pilihan 2 adalah sebagai berikut:

- Biaya relatif kecil, karena hampir semua bahan menggunakan komponen yang telah ada dan tidak terpakai.

- Pelaksanaan pekerjaan relatif mudah karena pipa dan katup penghubung kedua jalur ini berukuran kecil dengan diameter 150 mm.
- Pelaksanaan penanganan gangguan dapat berlangsung dengan cepat karena semua langkah dapat dilaksanakan dan di monitor dari RKU.
- Tidak memerlukan pompa flooding untuk pengisian air ke jalur yang terganggu, karena pengisian air diambil dari jalur lain yang masih beroperasi normal.

Apabila modifikasi desain telah dilaksanakan seperti pada pilihan 2 di atas diharapkan gangguan operasi yang disebabkan oleh kegagalan operasi salah satu jalur pompa sekunder dapat dihindari, sehingga pengoperasian reaktor RSG-GAS dapat berlangsung sesuai target dengan selamat.

## KESIMPULAN

Dari hasil kajian diperoleh kesimpulan bahwa untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan perubahan disain sistem pemipaan yaitu memindah jalur pipa yang tidak diperlukan untuk dipasang sebagai pipa penghubung pada kedua sisi tekan pompa antara jalur 1 dan jalur 2, sehingga bila terjadi gangguan pada suatu jalur, pengisian air ke

---

jalur pipa tersebut dapat dilakukan dari jalur yang tidak terganggu tanpa mematikan pompa.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, "Safety Analysis Report, Reaktor Serba Guna GA.Siwabessy BATAN" Revisi 8, Jakarta 1999.
2. IMAN KUNTORO, "Diktat Diklat Penyegaran Operator dan Supervisor Reaktor". Jakarta Th.1989.
3. ANONIM, "Buku Induk Operasi Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy BATAN", Th. 2007 s/d 2009.

#### DISKUSI

Penanya : Jaja Sukmana

#### Pertanyaan :

- Benarkah untuk RSG-GAS, bahwa jika terjadi kebocoran air pendingin primer dengan sekunder di HE, maka air sekunder masuk ke primer?, dan lebih aman?.

- Apakah hal ini sudah diinformasikan ke pejabat yang lebih atas, untuk menentukan pilihan perubahan desain 1 atau 2 ?

#### Jawaban :

- Tidak benar, untuk RSG-GAS bila terjadi kebocoran HE, air pendingin primer akan masuk ke sistem pendingin sekunder. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah kerusakan komponen teras reaktor dari pencemaran air kotor dari sistem pendingin sekunder. Untuk mencegah terlepasnya air radioaktif ke lingkungan lewat *cooling tower*, maka pada pipa sekunder setelah HE dipasang monitor radiasi yang akan memberikan perintah secara otomatis untuk menutup katup-katup isolasi HE apabila aktivitas radiasi air sekunder melewati harga batas yang telah ditentukan, agar pelepasan radiasi ke lingkungan dapat dihentikan.
- Secara lisan (informal) sudah, secara formal belum. Harapan saya makalah ini dapat menjadi data dukung untuk usulan ke pejabat yang lebih atas, sehingga usulan ini dapat direalisasikan sehingga operasi reaktor dapat berlangsung lebih lancar.