

EVALUASI KINERJA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER PRTF PASCA MODIFIKASI

Jaka Iman, Suwanto, Saleh Hartaman
PRSG - BATAN

Email : jakaiman@batan.go.id

ABSTRAK

EVALUASI KINERJA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER PRTF PASCA MODIFIKASI. *Power Ramp Test Facility (PRTF) adalah sebuah fasilitas eksperimen yang digunakan untuk pengujian bahan bakar reaktor daya. PRTF dilengkapi dengan sebuah sistem pendingin sekunder yang tersusun dari 2 jalur pendingin, masing-masing jalur dilengkapi dengan sebuah sensor laju alir, tekanan dan suhu. Instalasi pipa sensor laju alir telah dimodifikasi untuk memenuhi persyaratan teknis. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui kesiapan sistem pendingin sekunder pasca modifikasi guna mendukung operasi PRTF. Evaluasi dilakukan dengan cara analisa nilai parameter laju alir, tekanan dan suhu hasil pengujian sistem. Hasil pengujian sistem pendingin sekunder menunjukkan bahwa indikator laju alir sebesar 780 s.d. 820 ℓ/jam, tekanan aliran pendingin 1,5 s.d. 1,7 bar dan suhu pendingin masuk keluar tabung sekunder 38° C. Dari hasil pengujian sistem pendingin sekunder dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin sekunder siap dioperasikan untuk mendukung operasi PRTF.*

Kata kunci : Modifikasi pipa sekunder

ABSTRACT

PERFORMANCE EVALUATION OF PRTF SECONDARY COOLING SYSTEM AFTER MODIFICATION. *Power Ramp Test Facility (PRTF) is an experimental facility used for testing of power reactor fuel. PRTF is equipped with a secondary cooling system consisting of 2 coolant lines, each line is equipped with a flow rate, pressure and temperature sensor. Pipe Installation of the both lines had been modified to meet the technical requirement. This evaluation aims to determine the readiness of secondary cooling system after modification to support the PRTF operation. Evaluation was conducted by analysis of parameter values of flow rate, pressure and temperature of the system test results. The test results showed that the secondary cooling system flow rate indicator is 780 - 820 ℓ/h, pressure cooling flow of 1.5 - 1.7 bar and temperature of cooling inlet and outlet of the secondary tube 38° C. The test result on secondary cooling system it can be concluded that the secondary cooling system is ready to be operated to support the PRTF operation.*

Keywords: Modification of secondary pipe

PENDAHULUAN

Power Ramp Test Facility (PRTF) adalah sebuah fasilitas eksperimen yang digunakan untuk pengujian bahan bakar reaktor daya. PRTF dilengkapi dengan sebuah sistem pendingin sekunder sebagai sarana pembuangan panas akhir yang dibangkitkan oleh bahan bakar uji^[1]. Evaluasi kinerja sistem pendingin sekunder dimaksudkan untuk mengetahui kesiapan sistem untuk mendukung operasi PRTF pasca modifikasi. Evaluasi dilakukan dengan cara pengujian operasi sistem untuk mengamati penunjukan indikator parameter laju alir CF002 untuk jalur 1 dan CF006 untuk jalur 2, tekanan aliran CP003 untuk jalur 1 dan CP024 untuk jalur 2, suhu pendingin masuk tabung CT010/CT011/CT012 dan suhu keluar tabung CT020/CT021/CT022.

Sistem ini tersusun dari 2 jalur pendingin, masing-masing jalur dilengkapi dengan sebuah

sensor laju alir dan tekanan aliran pendingin. Setelah kedua jalur pendingin memasuki tabung sekunder, suhu pendingin diukur oleh sensor suhu yang meliputi suhu pendingin masuk dan keluar tabung. Sensor suhu pendingin masuk dan keluar tabung masing-masing terpasang 3 buah yang bekerja sebagai redundansi. Selain sensor laju alir pada tiap jalur juga terpasang sebuah alat ukur laju alir rotameter yang bisa langsung dibaca di lokasi. Dari hasil kegiatan pengoperasian sistem pendingin sekunder dan pemeriksaan instrumentasinya telah diketahui bahwa sensor laju alir pada jalur 1 dan 2 memberikan respon berupa penunjukan yang berfluktuasi dengan frekuensi dan amplitudo tinggi sehingga tidak bisa dibaca. Laju alir pada jalur pendingin 1 ditampilkan pada panel instrumentasi yaitu pada meter/indikator CF002 dan untuk jalur 2 pada indikator CF006. Penunjukan yang berfluktuasi tersebut disebabkan oleh persyaratan yang tidak dipenuhi yaitu bahwa sensor laju alir harus terendam

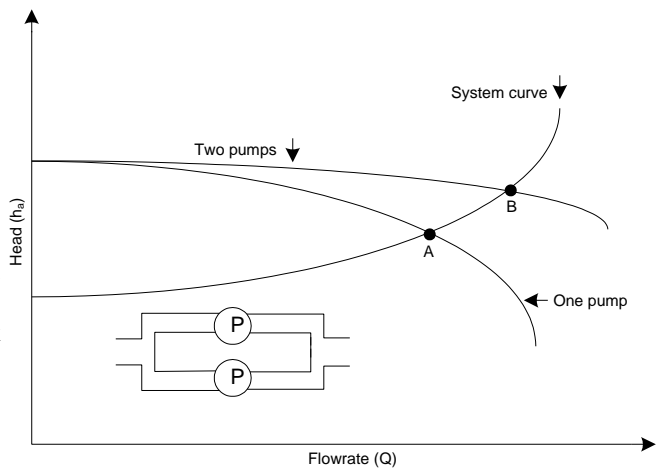
air baik pada saat beroperasi maupun tidak beroperasi^[2]. Kondisi sensor yang tidak selalu terendam air disebabkan oleh elevasi posisi sensor pada kedua jalur pendingin lebih tinggi dari elevasi rangkaian pipa pada sisi masuk sensor. Sedangkan rangkaian pipa pada sisi keluaran sensor elevasinya sudah lebih tinggi dari elevasi sensor. Untuk mengatasi permasalahan tersebut telah dilakukan modifikasi instalasi pipa pada sisi masuk sensor kedua jalur pendingin sehingga elevasinya lebih tinggi dari elevasi sensor.

TEORI

Jika dua buah pompa sejenis dipasang secara paralel pada suatu sistem maka akan ada perubahan laju alir pada tinggi tekan (*head*) yang sama dimana laju alir sistem tidak 2 kalinya. Untuk sistem pendingin sekunder PRTF penerapan teori ini akan menghasilkan laju alir kurang dari 1200 l/jam untuk dua pompa dengan laju alir 600 l/jam tiap pompa. Pada kejadian satu dari dua pompa gagal maka seharusnya menyisakan laju alir pendingin diatas 600 l/jam namun demikian secara matematis tidak ada persamaan atau perhitungan yang mendukung kejadian ini. Oleh karena itu satu-satunya cara untuk memperoleh kepastian angka-angka tersebut adalah melalui eksperimen^[3].

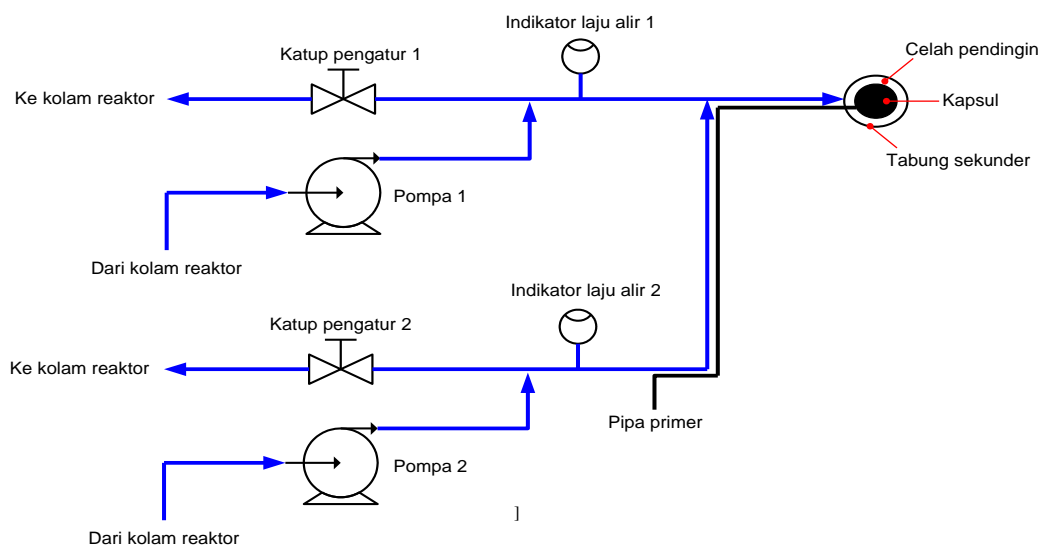
Untuk menentukan karakteristik dua pompa sekunder sejenis yang dipasang secara paralel pada sistem pendingin sekunder PRTF dilakukan dengan cara eksperimen. Eksperimen dilakukan dengan mengoperasikan kedua pompa pada laju alir yang sama untuk tiap pompa kemudian mematikan

operasi satu dari dua pompa untuk memperoleh laju alir satu pompa. Laju alir tiap pompa 600, 700, 800 dan 900 l/jam. Dengan diperolehnya besar laju alir pada kejadian satu pompa sekunder gagal diharapkan dapat membantu menyediakan data masukan pada penyusunan LAK PRTF. Skema kurva operasi pompa terpasang paralel ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva sistem dengan pompa terpasang paralel^[3]

Susunan saluran kedua pompa sekunder PRTF dipasang secara paralel dengan masing-masing laju alir yang dapat diatur melalui kedua katup pengatur. Skema aliran pendingin sekunder PRTF ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema aliran pendingin sekunder PRTF^[3]

TATA KERJA

Pengujian fungsi sistem pendingin sekunder dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- 1) Mengoperasikan pompa 1 dan mengatur (melalui katup pengatur) laju alirnya sehingga penunjukan rotameter pada jalur pendingin 1 = 750 ℓ/jam;
- 2) Mengoperasikan pompa 2 dan mengatur (melalui katup pengatur) laju alirnya sehingga penunjukan rotameter pada jalur pendingin 2 = 750 ℓ/jam;
- 3) Pengamatan penunjukan indikator laju alir CF002 dan CF006 pada panel instrumentasi;

- 4) Pengamatan penunjukan indikator tekanan aliran CF003 dan CP024 pada panel instrumentasi;
- 5) Pengamatan penunjukan indikator suhu pendingin CT010/CT011/CT012 dan CT020/CT021/CT022 pada panel instrumentasi;
- 6) Pengamatan penunjukan indikator beda suhu CT920/CT921/CT922

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil pengujian sistem pendingin sekunder PRTF pasca modifikasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sistem pendingin sekunder

PARAMETER	NILAI OPERASIONAL	NILAI PENUNJUKAN
Laju alir pendingin jalur 1 (rotameter)	-	725 ℓ/jam
Laju alir pendingin jalur 2 (rotameter)	-	790 ℓ/jam
Laju alir pendingin jalur 1 (alat ukur digital)	-	730 s.d 757 ℓ/jam
Laju alir pendingin jalur 2 (alat ukur digital)	-	760 s.d 820 ℓ/jam
Laju alir pendingin jalur 1 (CF002)	750 ℓ/jam	780 s.d 820 ℓ/jam
Laju alir pendingin jalur 1 (CF002)	750 ℓ/jam	800 s.d 850 ℓ/jam
Tekanan aliran pendingin jalur 1 (CP003)	0,9 bar	1,5 bar
Tekanan aliran pendingin jalur 2 (CP024)	0,9 bar	1,7 bar
Suhu pendingin masuk tabung sekunder red. 1 (CT010)	< 50 °C	38 °C
Suhu pendingin masuk tabung sekunder red. 2 (CT011)	< 50 °C	38 °C
Suhu pendingin masuk tabung sekunder red. 3 (CT012)	< 50 °C	38 °C
Suhu pendingin keluar tabung sekunder red.1 (CT020)	< 80 °C	38 °C
Suhu pendingin keluar tabung sekunder red. 2 (CT021)	< 80 °C	38 °C
Suhu pendingin keluar tabung sekunder red. 3 (CT022)	< 80 °C	38 °C
Beda suhu keluar-masuk tabung sekunder red. 1 (CT920)	< 23 °C	0 °C
Beda suhu keluar-masuk tabung sekunder red. 2 (CT921)	< 23 °C	0 °C
Beda suhu keluar-masuk tabung sekunder red. 3 (CT922)	< 23 °C	0 °C
Pada kondisi pompa jalur 1 mati : Penunjukan CF006 = 1200 (ℓ/jam)		
Pada kondisi pompa jalur 2 mati : Penunjukan CF002 = 1100 (ℓ/jam)		

Pembahasan

Tabel 1 dibawah menunjukkan bahwa pengujian dilakukan pada laju alir yang berbeda antara jalur 1 dan 2 dimana jalur 1 beroperasi pada laju alir (rotameter) 725 ℓ/jam sedangkan jalur 2 (rotameter) 790 ℓ/jam. Perbedaan laju alir ini disebabkan oleh kesulitan teknis dalam mengatur pembukaan katup pengatur secara tepat, namun tidak berpengaruh pada jalannya pengujian. Pada kondisi ini penunjukan CF002 = 780 s.d. 820 (ℓ/jam) dan CF006 = 800 s.d. 850 (ℓ/jam) di sisi lain hasil pengukuran dengan indikator digital yang terpasang pada transduser menunjukkan adanya kesebandingan, demikian juga halnya dengan penunjukan rotameter pada kedua jalur. Penunjukan CF002 dan CF006 yang berfluktuasi secara lambat dapat diamati. Fluktuasi penunjukan ini disebabkan karena ada penyempitan saluran pada sisi masuk dan keluar

sensor dimana diameter pipa sebelum dan sesudah sensor adalah 20 mm sedangkan pipa sisi masuk dan keluar sensor 10 mm. Hal ini menyebabkan aliran yang tidak stabil di dalam rumah sensor, namun aliran tersebut masih bisa ditampilkan pada indikator CF002 dan CF006 walaupun masih berfluktuasi dengan frekuensi dan amplitudo yang rendah sehingga secara visual dapat diamati. Untuk keperluan operasional sistem pendingin sekunder, perlu dipertimbangkan rentang harga amplitudo penunjukan laju alir CF002 dan CF006 sekitar (+/-) 20 ℓ/jam s.d. 30 ℓ/jam. Pertimbangan ini dapat digunakan dalam melakukan pengesetan nilai batas minimum dan maksimum laju alir pendingin sekunder terkait tindak protektif oleh sistem instrumentasi dan kendali PRTF. Data hasil pengujian di atas juga menyajikan laju alir pendingin sekunder pada kondisi satu pompa gagal dimana menyisakan laju aliran \pm 1100 ℓ/jam. Berkaitan

dengan keselamatan, laju alir pendingin sebesar 1100 ℓ /jam adalah lebih dari cukup untuk mendinginkan *pin* bahan bakar uji dalam kapsul^[3]. Walaupun demikian pada kejadian kegagalan satu pompa, sistem proteksi PRTF mengambil tindakan menarik kapsul keluar dari posisi iradiasi sebagai

langkah penyelamatan dini. Dari uraian di atas dapat diartikan bahwa sensor laju alir dan instrumentasinya dapat memberikan respon berupa hasil pengukuran yang dapat diamati secara visual. Instalasi pipa pendingin sekunder pasca modifikasi dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Instalasi pipa pendingin sekunder pasca modifikasi

Modifikasi instalasi pipa pendingin sekunder mempengaruhi/menaikkan tekanan aliran pendingin yang semula 0,9 bar s.d. 1,1 bar menjadi 1,5 bar untuk jalur 1 dan 1,8 bar untuk jalur 2. Perubahan tekanan aliran bukan persoalan karena hanya akan merubah nilai operasionalnya. Sebagai contoh nilai operasional tekanan aliran untuk laju alir 750 ℓ /jam ditentukan sebesar 1,5 bar untuk jalur 1 dan 1,8 bar untuk jalur 2. Untuk sensor suhu pendingin, modifikasi ini tidak berpengaruh terhadap penunjukan suhu air pendingin masuk dan keluar tabung sekunder. Penunjukan yang sama antara suhu masuk dan keluar tabung sekunder (38 $^{\circ}$ C) karena lokasi kapsul berada di *storage pool* dimana suhu air kolam 38 $^{\circ}$ C dan tidak ada pembangkitan panas pada kapsul PRTF, konsekuensinya beda suhunya 0 $^{\circ}$ C. Uraian di atas menggambarkan bahwa parameter sistem yang meliputi laju alir, tekanan aliran dan suhu pendingin terpantau oleh sistem instrumentasi PRTF dan dapat diamati secara visual melalui indikator-indikatornya.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian kinerja fungsi sistem pendingin sekunder PRTF pasca modifikasi diatas dilakukan dengan cara analisa nilai parameter laju alir, tekanan dan suhu hasil pengujian sistem. Hasil pengujian sistem pendingin sekunder menunjukkan bahwa indikator laju alir sebesar 780 s.d. 820 ℓ /jam, tekanan aliran pendingin 1,5 s.d. 1,7 bar dan suhu pendingin masuk keluar tabung sekunder 38 $^{\circ}$ C maka dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin sekunder siap dioperasikan untuk mendukung operasi PRTF.

DAFTAR PUSTAKA

1. **INTERATOM**, "MPR30 Description of the Power Ramp Test Facility", OS-Nr. 1952;
2. **YOKOGAWA**, "AFX, Magnetic Flowmeter", IM 01E20D01-01E, 9th Edition, 2008;
3. **BRUCE R. MUNSON, DONALD F. YOUNG and THEODORE H. OKIISHI**. "Fundamentals of Fluid Mechanics", Fifth Edition, John Wiley & Sons Pte Lmt. Copyright 2006.
4. **ANONIM**, "Safety Analysis and Design Report Power Ramp Test Facility-PRTF", Ident-No. 60.15567.1, 1987.