

IRADIASI PIN DUMMY DI FASILITAS PRTF

Edison Sihombing, Saleh Hartaman, Jaka Iman, Damaryanti, Ariyawan Sunardi
Pusat Reaktor Serba Guna - BATAN

ABSTRAK

IRADIASI PIN DUMMY DI FASILITAS PRTF. *Power Ramp Test Facility (PRTF)* adalah fasilitas eksperimen yang terletak di luar teras reaktor dan dapat digerakkan masuk ke dalam teras reaktor RSG-GAS. Fasilitas ini digunakan untuk uji *pin* bahan bakar reaktor daya tipe *Pressurized Water Reactor (PWR)*. Untuk meyakinkan bahwa Fasilitas PRTF dapat digunakan mengiradiasi *pin* bahan bakar reaktor telah dilakukan iradiasi terhadap *Pin Dummy* buatan Jerman dan buatan PTBBN. Kedua *pin dummy* diiradiasi pada daya reaktor 15 Mw dengan jarak 0 mm, 110 mm, 210 mm, 310 mm dan 440 mm dari teras reaktor. Pada saat *Pin dummy* diiradiasi parameter yang berhubungan dengan batas parameter keselamatan diamati. Hasil iradiasi menunjukkan bahwa tekanan tabung BB004 adalah 168 bar, tekanan tabung BB002 adalah 160 bar, tekanan sistem primer adalah 160 bar, lajur alir air primer adalah 3,6 l/jam, beda tekanan pompa primer 2, 6 bar, Aktivitas air primer maksimum 600 c/det, laju alir pendingin sekunder paling kecil 750 l/jam, beda suhu maksimum pendingin sekunder masuk dan keluar PRTF maksimum 41^o C dan tekanan air sistem primer minimum 1,5 bar. Hasil uji menunjukkan bahwa semua parameter yang berkaitan dengan batas keselamatan, sistem instrumentasi dan kendali PRTF dalam batas aman. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa PRTF siap digunakan untuk melakukan iradiasi *pin* bahan bakar secara aman.

Kata kunci : Pin dummy, Fasilitas PRTF

ABSTRACT

PIN DUMMY IRRADIATION ON PRTF FACILITIES. *Power Ramp Test Facility (PRTF)* is experimental facilities at RSG-GAS reactor that used for *Pressurized Water Reactor (PWR)* reactor type of fuel pin test. *Pin Dummy* made in Germany and PTBBN irradiated at PRTF facilities ensuring that PRTF facilities is ready to use for irradiating nuclear fuel pin safely. Both of nuclear fuel pin irradiated on 15 Mw power reactor with a distances of 0mm, 110 mm, 210 mm, 310 mm, and 440 mm of reactor area. At the time dummy pin irradiated, parameter which is related to safety limit parameter observed. Irradiation result shows that tube pressure BB004 is 168 bar, BB002 is 160 bar, primary system pressure is 160 bar, primary volumetric flow rate is 3,6 liter per minute, fuel pump primary is 2,6 bar, maximum primary water activity is 600 c/s, minimum secondary cooler volumetric flow rate is 750 l/h, maximum difference temperature of secondary coolant input and output is 41^o C, and minimum primary system pressure is 1,5 bar. Test result shows that all parameter related to instrument system and control PRTF safety limit works safely. That, we can conclude PRTF is ready to use for irradiating nuclear fuel pin safely.

Keywords : pin dummy, PRTF facilities

PENDAHULUAN

Power Ramp Test Facility (PRTF) adalah fasilitas uji tidak merusak untuk batang uji bahan bakar nuklir jenis *Pressurized Water Reactor (PWR)/Boiling Water Reactor (BWR)*. PRTF dirancang khusus untuk simulasi kondisi PWR dimana batang uji diberi tekanan di dalam rangkaian primer. Fasilitas ini mempunyai sistem pendingin sendiri yang terpisah dari pendingin reaktor. Untuk mendekatkan/menjauhkan batang uji ke/dari teras reaktor digunakan alat penggerak dan hal ini akan mempengaruhi reaktifitas reaktor yang perlu diperhatikan. Dalam rangka persiapan iradiasi *pin* bahan bakar reaktor di fasilitas PRTF perlu dilakukan persiapan dan uji coba terhadap semua komponen-komponennya.

Persiapan mencakup respon sistem instrumentasi kendali terhadap pelanggaran nilai batas parameter keselamatan. Parameter keselamatan PRTF meliputi tekanan tabung BB004, tekanan tabung BB002, tekanan sistem primer, lajur alir air primer, beda tekanan pompa primer, Aktivitas air primer, laju alir pendingin sekunder, beda suhu maksimum pendingin sekunder masuk dan keluar PRTF dan tekanan air sistem primer.

Untuk melihat kinerja fasilitas PRTF dilakukan dengan cara mengoperasikan fasilitas PRTF dan melakukan iradiasi terhadap *pin dummy* buatan Jerman dan buatan PTBBN, karakteristik kedua *pin dummies* sama dengan pin yang berisi bahan bakar reaktor, dari hasil iradiasi kedua *pin dummy* tersebut diharapkan parameter-parameter yang berhubungan dengan batas nilai operasional dan keselamatan akan

sama dengan pin yang sebenarnya sehingga tidak perlu dilakukan pengujian dengan pin yang berisi bahan bakar reaktor.

Adapun tujuan pelaksanaan iradiasi *pin dummy* ini adalah untuk memastikan kesiapan kinerja fasilitas iradiasi PRTF yang akan digunakan untuk mengiradiasi *pin* bahan bakar yang dibuat oleh PTBBN secara aman.

FASILITAS PRTF

Fasilitas iradiasi PRTF dirancang khusus untuk mensimulasi kondisi *Pressurized Water Reactor (PWR)* dimana *pin* bahan bakar reaktor yang diuji dilengkapi dengan rangkaian bertekanan dan rangkaian pemurnian air. Fasilitas ini mempunyai sistem pendingin sendiri, terpisah dari pendingin reaktor. Fasilitas PRTF tersusun dari sistem penggerak kapsul, sistem pendingin primer, Sistem pendingin sekunder, sistem pemasok tekanan gas dan sistem instrumentasi dan kendali. Sistem penggerak kapsul berfungsi untuk mendekatkan dan menjauhkan *pin* uji terhadap teras reaktor pada

posisi yang direncanakan. Sistem pendingin primer berfungsi untuk menciptakan tekanan dalam kapsul yang berfungsi sebagai wadah *pin* serta untuk pemantauan radioaktivitas akibat kerusakan *pin*. Sistem pendingin sekunder berfungsi sebagai alat pembuangan panas yang dibangkitkan oleh *pin* dalam kapsul. Sistem pemasok tekanan gas berfungsi untuk mempertahankan tekanan sistem primer pada tekanan kerjanya. Sistem instrumentasi dan kendali berfungsi sebagai alat pemantau parameter operasi dan pemicu tindakan penyelamatan secara otomatis. Parameter operasi PRTF terkait keselamatan selalu dipantau oleh sistem instrumentasi dan kendali guna mengambil tindakan keselamatan secara otomatis apabila nilai batasnya terlampaui. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah adanya kecelakaan radiologi atau untuk membatasi dampak dari kejadian kehilangan pendingin PRTF^[2]. Tindakan otomatis yang harus dilakukan adalah menjauhkan kapsul yang berisi *pin* dari teras reaktor dan pemadaman reaktor. Nilai operasional PRTF seperti Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Data nilai operasional PRTF

Posisi kapsul CG001 (mm)	0-440
Tekanan tabung BB004 (bar)	165-175
Tekanan tabung BB002 CP008 (bar)	160
Tekanan sist. primer CP009(bar)	160
Tekanan sist. primer CP010(bar)	160
Tekanan sist. primer CP006(bar)	160
Laju alir air primer CF001 (ℓ/jam)	3,6
Beda tekanan pompa primer CP012(bar)	3
Volume air tabung BB002 CL002 (ℓ)	>0,5
Aktivitas air primer CR001 (c/detik)	<2.10 ⁴
Laju alir air sekunder 1 CF002 (ℓ/jam)	750
Laju alir air sekunder 2 CF006 (ℓ/jam)	750
Tekanan air sekunder 1 CP003 (bar)	>0,6
Tekanan air sekunder 1 CP024 (bar)	>0,6
Suhu inlet air sekunder red.1 CT010 (°C)	<50
Suhu inlet air sekunder red.2 CT011 (°C)	<50
Suhu inlet air sekunder red.3 CT012 (°C)	<50
Suhu outlet air sekunder red.1 CT020 (°C)	<80
Suhu outlet air sekunder red.2 CT021 (°C)	<80
Suhu outlet air sekunder red.3 CT022 (°C)	<80
Beda suhu air sekunder red.1 CT920 (°C)	<23
Beda suhu air sekunder red.2 CT921 (°C)	<23
Beda suhu air sekunder red.3 CT922 (°C)	<23

Parameter keselamatan PRTF yang penting adalah:

- Laju alir pendingin sekunder tiap jalur;
- Laju alir pendingin sekunder jalur 1 dan jalur 2;
- Beda suhu pendingin sekunder masuk dan keluar (redundansi 2 dari 3);
- Tekanan aliran pendingin tiap jalur;
- Tekanan sistem primer;

- Aktivitas air pendingin primer;
- Volume air tabung tekan.

Selama iradiasi berlangsung, parameter terkait keselamatan selalu dipantau oleh sistem instrumentasi dan kendali guna mengambil tindakan keselamatan secara otomatis apabila nilai batas terlampaui. Parameter PRTF yang terkait dengan

sistem pendingin dihubungkan dengan sistem pemadaman reaktor. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah adanya kecelakaan radiologi atau untuk membatasi dampak dari kejadian kehilangan pendingin PRTF. Untuk memenuhi keselamatan, maka dalam pelaksanaan iradasi pin dilengkapi dengan sistem proteksi fasilitas PRTF berupa seting nilai batas dan tindakan otomatis yang harus dilakukan apabila nilai batas terlampaui. Tindakan otomatis yang harus dilakukan adalah: REEX= *Return Experiment*, yaitu kapsul pada *capsule carrier* bergerak ke posisi terjauh dari teras reaktor dan RESA=*Reactor Scrammed* melalui penyambungan ke Sistem *scram* manual. Diagram alir rangkaian fasilitas iradiasi PRTF^[2] ditunjukkan pada Lampiran 1

PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN

Persiapan iradiasi meliputi kegiatan pemasangan *dummy* pin bahan bakar uji, pemindahan *capsule carrier* dan pengoperasian sistem pendingin.

Pemasangan *dummy* pin bahan bakar uji.

Pemasangan *dummy* pin bahan bakar uji dilakukan dengan menggunakan peralatan bantu yang dilakukan di dalam kolam bahan bakar bekas dengan cara sebagai berikut:

- a. Mur penutup dibuka (kapsul terakit pada *capsule carrier*);
- b. *Dummy* pin bahan bakar uji dimasukkan ke dalam kapsul;
- c. Mur penutup kapsul dipasang kembali dengan kekencangan 120 Nm.

Pemindahan *capsule carrier* .

Capsule carrier dipindahkan dari kolam bahan bakar bekas ke kolam reaktor setelah pemasangan dilakukan dengan cara:

- a. *capsule carrier* dipindahkan ke kolam reaktor menggunakan peralatan bantu dan jembatan geser;
- b. *capsule carrier* dipasang padaudukannya di atas *trolley* di dalam kolam reaktor menggunakan sejumlah peralatan bantu. Pada posisi ini, kapsul berisi *dummy* pin bahan bakar uji berada pada jarak terjauh dari teras reaktor yaitu pada jarak 440 mm dari teras reaktor.

Pengoperasian sistem pendingin.

Pengoperasian sistem pendingin meliputi sistem pendingin sekunder dan sistem pendingin primer, yang dioperasikan dengan cara:

- a. Pendingin sekunder dioperasikan dengan laju alir antara 600 liter/jam sampai dengan 900 liter/jam untuk masing-masing jalur;
- b. Pendingin primer dioperasikan dengan laju alir 3,6 liter/jam pada tekanan 160 bar.

Pelaksanaan pengujian iradiasi *dummy* pin bahan bakar uji dilaksanakan pada saat daya reaktor 15 Mw dengan jarak 440, 310, 210, 110 dan 0 dari teras reaktor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil iradiasi *pin dummy* buatan Jerman pada tanggal 2 Februari 2015 ditunjukkan pada Tabel 2, hasil iradiasi *pin dummy* buatan PTBBN pada tanggal 12 Juni 2015 ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Data Operasi PRTF Pin Dummy buatan Jerman

Data Operasi PRTF <i>pin dummy</i> buatan Jerman pada daya 15 Mw						
PARAMETER OPERASI	NILAI OPERASIONAL	NILAI PENUNJUKAN / TANGGAL PELAKSANAAN 2 Februari 2015 PUKUL:				
		14.55	15.08	15.20	15.32	15.43
Daya reaktor (MW)	0-15	15	15	15	15	15
Posisi kapsul CG001 (mm)	0-440	440	310	210	110	0
Tekanan tabung BB004 (bar)	165-175	170	170	165	175	172
Tekanan tabung BB002 CP008 (bar)	160	160	160	160	160	160
Tekanan sist. primer CP009(bar)	160	160	160	160	160	160
Tekanan sist. primer CP010(bar)	160	160	160	160	160	160
Tekanan sist. primer CP006(bar)	160	160	160	160	160	160
Laju alir air primer CF001 (ℓ/jam)	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Beda tekanan pompa primer CP012(bar)	3	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5
Volume air tabung BB002 CL002 (ℓ)	>0,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Aktivitas air primer CR001 (c/detik)	<2.10 ⁴	500	300	500	100	200

Tabel 2. Lanjutan

Data Operasi PRTF <i>pin dummy</i> buatan Jerman pada daya 15 Mw						
PARAMETER OPERASI	NILAI OPERASIONAL	NILAI PENUNJUKAN / TANGGAL PELAKSANAAN 2 Februari 2015 PUKUL:				
		14.55	15.08	15.20	15.32	15.43
Laju alir air sekunder 1 CF002 (ℓ/jam)	750	800	800	750	800	800
Laju alir air sekunder 2 CF006 (ℓ/jam)	750	750	850	900	900	800
Tekanan air sekunder 1 CP003 (bar)	>0,6	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
Tekanan air sekunder 1 CP024 (bar)	>0,6	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Suhu inlet air sekunder red.1 CT010 (°C)	<50	39	40	40	40	40
Suhu inlet air sekunder red.2 CT011 (°C)	<50	39	40	40	40	40
Suhu inlet air sekunder red.3 CT012 (°C)	<50	39	40	40	40	40
Suhu outlet air sekunder red.1 CT020 (°C)	<80	39	40	40	41	41
Suhu outlet air sekunder red.2 CT021 (°C)	<80	39	40	40	41	41
Suhu outlet air sekunder red.3 CT022 (°C)	<80	39	40	40	41	41
Beda suhu air sekunder red.1 CT920 (°C)	<23	0	0	0	1	1
Beda suhu air sekunder red.2 CT921 (°C)	<23	0	0	0	1	1
Beda suhu air sekunder red.3 CT922 (°C)	<23	0	0	0	1	1

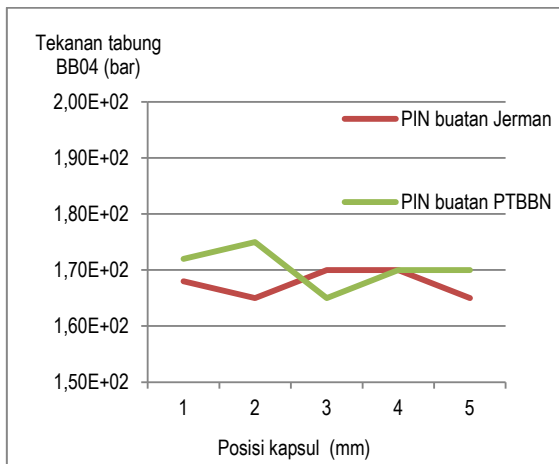
Tabel 3. Data Operasi PRTF Pin Dummy buatan PTBBN

Data Operasi PRTF 12 Juni 2015 <i>pin Dummy</i> buatan PTBBN pada daya 15 Mw						
PARAMETER OPERASI	NILAI OPERASIONAL	NILAI PENUNJUKAN / TANGGAL PELAKSANAAN 12 Juni 2015 PUKUL:				
		09.00	10.00	11.00	13.50	14.50
Daya reaktor (MW)	0-15	15	15	15	15	15
Posisi kapsul CG001 (mm)	0-440	440	310	210	110	0
Tekanan tabung BB004 (bar)	165-175	175	172	165	164	164
Tekanan tabung BB002 CP008 (bar)	160-162	160	160	160	160	160
Tekanan sist. primer CP009(bar)	160	160	160	160	160	160
Tekanan sist. primer CP010(bar)	160	160	160	160	160	160
Tekanan sist. primer CP006(bar)	160	160	160	160	160	160
Laju alir air primer CF001 (ℓ/jam)	3,6	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3
Beda tekanan pompa primer CP012(bar)	3	2,6	2,5	2,4	2,4	2,4
Volume air tabung BB002 CL002 (ℓ)	>0,5	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42
Aktivitas air primer CR001 (c/detik)	<2.10 ⁴	500	400	400	200	250
Laju alir air sekunder 1 CF002 (ℓ/jam)	>750	850	800	850	850	800
Laju alir air sekunder 2 CF006 (ℓ/jam)	>750	810	850	820	810	860
Tekanan air sekunder 1 CP003 (bar)	>0,6	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
Tekanan air sekunder 1 CP024 (bar)	>0,6	2,0	1,9	2,0	1,9	1,9
Suhu inlet air sekunder red.1 CT010 (°C)	<50	39	40	40	40	40
Suhu inlet air sekunder red.2 CT011 (°C)	<50	39	40	40	40	40
Suhu inlet air sekunder red.3 CT012 (°C)	<50	39	40	40	40	40
Suhu outlet air sekunder red.1 CT020 (°C)	<80	39	41	41	41	41
Suhu outlet air sekunder red.2 CT021 (°C)	<80	39	41	41	41	41
Suhu outlet air sekunder red.3 CT022 (°C)	<80	39	41	41	41	41
Beda suhu air sekunder red.1 CT920 (°C)	<23	0	1	1	1	1
Beda suhu air sekunder red.2 CT921 (°C)	<23	0	1	1	1	1
Beda suhu air sekunder red.3 CT922 (°C)	<23	0	1	1	1	1

Sistem Tabung BB04

Grafik hasil pengujian sistem Tabung BB004 padaposisi iradiasi 440, 310, 210, 110 dan 0 untuk *pin dummy* buatan Jerman dan buatan PTBBN ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil menunjukkan

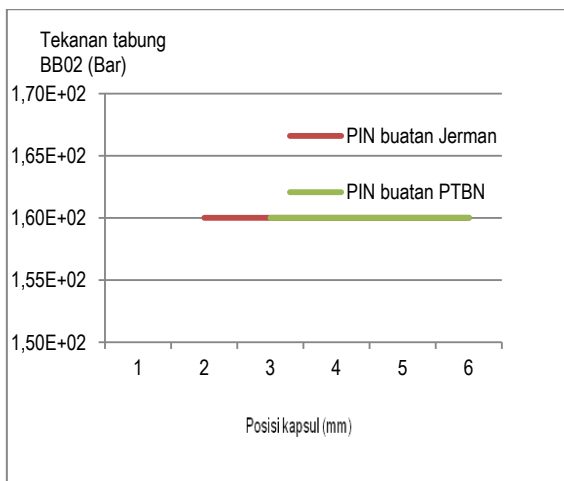
bahwa tekanan sistem tabung BB004 untuk *pin dummy* buatan Jerman dan buatan PTBBN adalah relatif sama untuk semua posisi dan nilai ini masih dalam batas keselamatan operasional.



Gambar 1. Grafik posisi kapsul versus tekanan tabung BB04

Tekanan Tabung BB002

Grafik hasil pengujian sistem Tabung BB002 pada posisi iradiasi 440, 310, 210, 110 dan 0 untuk *pin dummy* buatan Jerman dan buatan PTBBN ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil menunjukkan bahwa tekanan sistem tabung BB002 untuk *pin dummy* buatan Jerman dan buatan PTBBN adalah relatif sama untuk semua posisi dan nilai ini masih dalam batas keselamatan operasional.

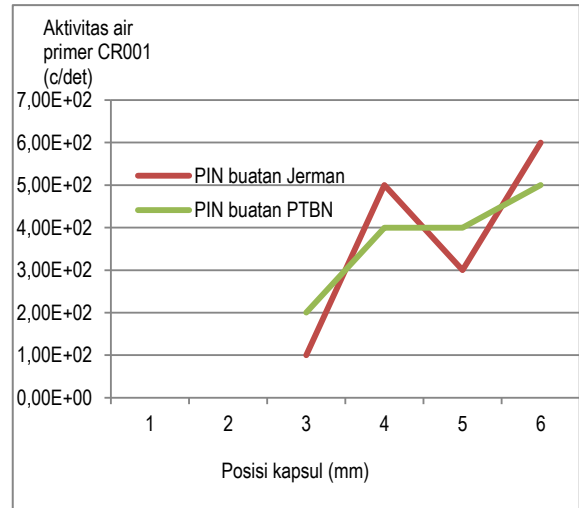


Gambar 2. Grafik posisi kapsul versus tekanan tabung BB002

Aktivitas Air Primer

Grafik hasil pengujian Aktivitas Air primer pada posisi iradiasi 440, 310, 210, 110 dan 0 untuk *pin dummy* buatan Jerman dan buatan PTBBN

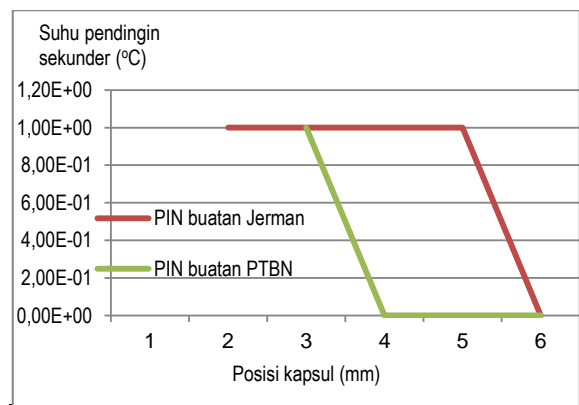
ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil menunjukkan bahwa Nilai tertinggi Aktivitas Air primer adalah 500 c/det pada posisi 440 mm nilai masih jauh di bawah batas nilai operasi.



Gambar 3. Grafik posisi kapsul versus aktivitas air primer

Suhu Pendingin Sekunder

Grafik hasil pengujian Suhu Pendingin Sekunder pada posisi iradiasi 440, 310, 210, 110 dan 0 untuk *pin dummy* buatan Jerman dan buatan PTBBN ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil menunjukkan bahwa Perbedaan suhu sekunder adalah 1°C dimana nilai masih jauh dibawah nilai batas operasional.



Gambar 4. Grafik posisi kapsul versus beda suhu pendingin sekunder sekunder

KESIMPULAN

Dari hasil iradiasi *pin dummy* buatan Jerman dan buatan PTBBN yang telah dilaksanakan pada tanggal 02 Februari 2015 *pin dummy* buatan PTBBN pada tanggal 12 Juni 2015 menunjukkan bahwa seluruh parameter sistem PRTF yang terkait nilai operasi maupun keselamatan memenuhi Batas Keselamatan Operasi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sistem PRTF siap digunakan untuk menguji pin bahan bakar buatan PTBBN.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) **ANONIM**, "Safety Analysis and Design Report Power Ramp Test Facility", Multi Purpose Research Reactor MPR30, Ident-No.60.15567.1, 1988;
- 2) **INTERATOM**, "*MPR30 Description of the Power Ramp Test Facility*", OS-Nr. 1952;
- 3) **SUWARTO**, "Prosedur pengujian sistem penggerak kapsul fasilitas iradiasi PRTF", No. Ident : RSG.OR.01.03.41.13, Revisi : 00, 2013;
- 4) **SUWARTO**, "Prosedur pengujian sistem pendingin sekunder fasilitas iradiasi PRTF", No. Ident : RSG.OR.02.03.41.13, Revisi : 00, 2013;
- 5) **SUWARTO**, "Prosedur pengujian sistem primer fasilitas iradiasi PRTF", No. Ident : RSG.OR.03.03.41.13, Revisi : 00, 2013.

LAMPIRAN 1
 Diagram alir PRTF^[2]

