

EVALUASI FLUKS NEUTRON TERMAL DI FASILITAS PRTF REAKTOR RSG-GAS

Jaka Iman, Saleh Hartaman dan Edison Sihombing

PRSG-BATAN, Gd.31 Lt.2, Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang,
Banten, 15310, Telp.(021) 7560908, Faks. (021) 7560573
E-mail : jakaiman@batan.go.id

ABSTRAK

EVALUASI FLUKS NEUTRON TERMAL DI FASILITAS PRTF REAKTOR RSG-GAS. Pengukuran fluks neutron termal telah dilakukan di fasilitas *Power Ramp Test Facility* (PRTF) pada teras 82 reaktor RSG GAS. Adapun tujuan pengukuran fluks neutron di fasilitas PRTF adalah untuk mengetahui fluks neutron termal di posisi tersebut. Pengukuran dilakukan dengan metode aktivasi keping Au-Al. Iradiasi keping dilakukan pada daya rendah (150 kWatt) tanpa mengoperasikan sistem pendingin primer. Aktivitas keping diukur dan dihitung pada saat keluar dari reaktor. Fluks neutron termal dapat dihitung dari aktivitas keping yang terukur tersebut. Dari hasil perhitungan diperoleh fluks neutron termal di fasilitas PRTF pada daya 150 kWatt, fluks neutron termal terendah sebesar $3,23 \cdot 10^{+11}$ n/cm².s berada di posisi terbawah. Sedangkan fluks neutron termal tertinggi sebesar $8,10 \cdot 10^{+11}$ n/cm².s. berada di posisi tengah. Dengan hasil pengukuran tersebut dapat di peroleh hasil fluks neutron yang terkini. Dengan dilakukan pengukuran fluks neutron ini diharapkan pada saat dilakukan iradiasi pin bahan bakar reaktor, data yang dihasilkan mempunyai nilai akurasi yang tinggi.

Kata Kunci : fluks neutron, termal , PRTF

ABSTRACT

EVALUATION OF THE THERMAL NEUTRON FLUX MEASUREMENT AT THE FACILITY OF PRTF RSG-GAS REACTOR. Thermal neutron flux measurement has been performed at the Power Ramp Test Facility (PRTF) on the core 82 RSG GAS. The purpose of measuring the neutron flux at PRTF facility was to determine the thermal neutron flux at the position. The measurements were made with an Au-Al foil activation method. Irradiation of the foils performed at low power (150 kW) without operating the primary cooling system. Activity of foils measured and calculated at the time out of the reactor. Thermal neutron flux can be calculated from the measured activity of the foils. From the calculations, the thermal neutron flux in PRTF facility at 150 kW power, thermal neutron flux as low as $3,23 \cdot 10^{+11}$ n / cm² .s is at the bottom. While the highest thermal neutron flux of $8,10 \cdot 10^{+11}$ n / cm² .s. is at the middle position. With the results of this measurement can be obtained the result of neutron flux currently. By measuring the neutron flux is expected when irradiated reactor fuel pin, the resulting data has a value of high accuracy.

Keyword : thermal, neutron flux, PRTF

PENDAHULUAN

Power Ramp Test Facility (PRTF) adalah salah satu fasilitas eksperimen yang ada di Pusat Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy. Fasilitas ini digunakan untuk menguji pin elemen bakar reaktor daya jenis *Pressurized Water Reactor* (PWR) dan *Boiling Water Reactor* (BWR).^[1,2,3] Pengukuran yang dilakukan pada fasilitas ini berkaitan dengan pembangkitan daya yang berubah-ubah dari bahan bakar yang diuji. Dengan tujuan untuk mengukur sifat perubahan/cacat pada kelongsong bahan bakar seperti posisi keretakan pada arah aksial, mempelajari perubahan struktur kelongsong (dengan cara mengukur perubahan diameternya) akibat transien daya dan sifat-sifat rijiditasnya, dan juga mempelajari lepasan gas fisi, restrukturisasi bahan bakar dan perubahan bentuk kelongsong. Hasil pengujian yang diperoleh akan merupakan evaluasi bagi pengembangan desain elemen bakar yang dapat dioperasikan di reaktor daya.

Reaktor RSG-GAS ini merupakan reaktor nuklir dengan pembangkitan daya maksimum 30 MW, sehingga sesuai sebagai sarana untuk produksi radioisotop, riset di bidang elemen bakar, riset dalam bidang sains materi dan analisis dengan aktivasi neutron. Tujuan pengukuran fluks neutron di fasilitas PRTF adalah untuk mengetahui fluks neutron termal di posisi tersebut. Pengukuran fluks neutron dilakukan dengan metode aktivasi neutron dan menggunakan keping Au-Al, yang mana keping Au-Al tersebut mempunyai cakupan energi tangkapan neutron lebih besar. Peralatan yang digunakan dalam pengukuran fluks neutron di fasilitas PRTF adalah detektor germanium yang berkemurnian tinggi (HPGe) dan MCA dengan perangkat lunak Genie.

Dengan dilakukan pengukuran fluks neutron ini diharapkan pada saat dilakukan iradiasi pin bahan bakar reaktor, data yang

dihasilkan mempunyai nilai akurasi yang tinggi.

TEORI

Fluks neutron dapat ditentukan berdasarkan hasil pengukuran aktivitas keping yang telah di iradiasi di dalam teras reaktor dengan rumusan^[4] :

$$\varphi_{th} = \frac{BA.A_b(t) \cdot \left[1 - \frac{1}{R_{cd}} \right] \cdot e^{\lambda \cdot t_d} \cdot t_m}{m \cdot N_o \cdot \sigma_{th} (1 - e^{-\lambda \cdot t_i}) (1 - e^{-\lambda \cdot t_m}) \cdot G_{th}} \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

- BA = berat atom detektor keping
- A_b(t) = aktivitas terukur keping terbuka
- R_{cd} = nisbah cadmium
- λ = tetapan peluruhan
- t_d = waktu peluruhan
- t_m = waktu pengukuran
- t_i = waktu iradiasi
- m = massa keping detektor
- N_o = bilangan Avogadro
- σ_{th} = tampang lintang inti keping terhadap neutron termal.
- G_{th} = faktor perisai diri termal

Dengan demikian setelah aktivitas semua keping yang diiradiasi diukur dengan sistem spektrometri gamma maka besarnya fluks neutron pada posisi keping-keping tersebut dapat ditentukan berdasarkan persamaan (1) diatas. Dengan mengatur posisi keping-keping yang tersusun secara aksial di fasilitas PRTF maka dapat ditentukan pengukuran fluks neutron secara aksial di fasilitas PRTF tersebut.^[5,6]

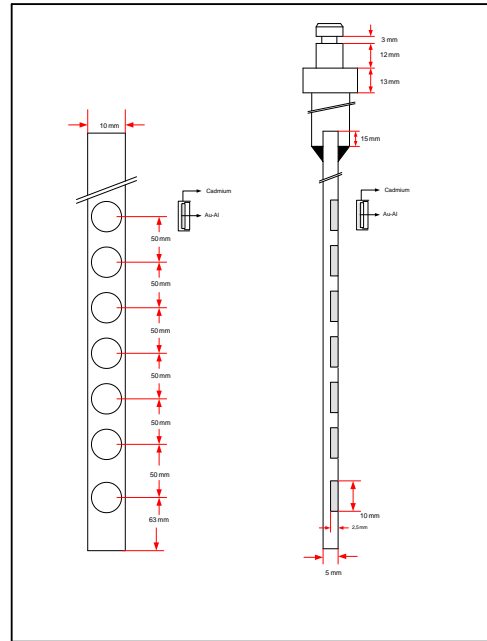
Penyisipan keping-keping dalam *stringer* di fasilitas PRTF dilakukan pada saat reaktor beroperasi dan stabil pada daya 150 kWatt. Setelah itu keping-keping diiradiasi, daya reaktor dipertahankan stabil pada daya 150 kWatt dan diiradiasi selama yang ditetapkan 47 menit dan selanjutnya keping-

keping dikeluarkan dari pemegang keping (*stringer*) dalam pipa pengarah PRTF dan disimpan di kolam penyimpanan untuk pendinginan dan peluruhan selama 24 jam.

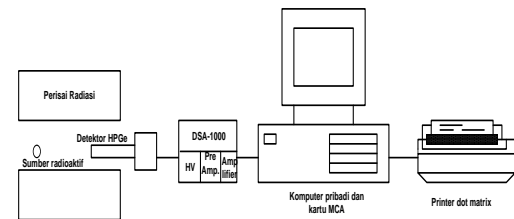
TATA KERJA

Pengukuran fluks neutron termal teras 82 dilakukan dengan metoda aktivasi keping Au-Al. Lempengan aluminium setebal sekitar 1,5 mm dengan panjang 500 mm digunakan sebagai pemegang keping/dudukan sampel untuk meletakkan 7 (tujuh) buah keping Au-Al berjarak 50 mm satu sama lain sepanjang pemegang keping (*stringer*) tersebut. Kemudian pemegang keping/dudukan sampel tersebut dimasukkan ke dalam kapsul PRTF (lihat gambar 2). Pemegang keping/dudukan sampel yang telah diisi keping dan selanjutnya reaktor dioperasikan pada daya rendah (150 kWatt) tanpa mengoperasikan pompa pendingin primer. Keping-keping yang telah diiradiasi tersebut diukur aktivitasnya dengan menggunakan detektor HPGe dan sistem spektrometer gamma. Besarnya fluks neutron dapat ditentukan dari aktivitas keping yang diukur. Sistem spektrometer gamma ditunjukkan pada Gambar 3. Kegiatan pengukuran fluks neutron termal di PRTF diatas dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 4.

Gambar. 1. Konfigurasi teras 82 awal



Gambar. 2. Pemegang keping (dudukan sampel) yang telah diisi keping.



Gambar. 3. Sistem spektrometri gamma

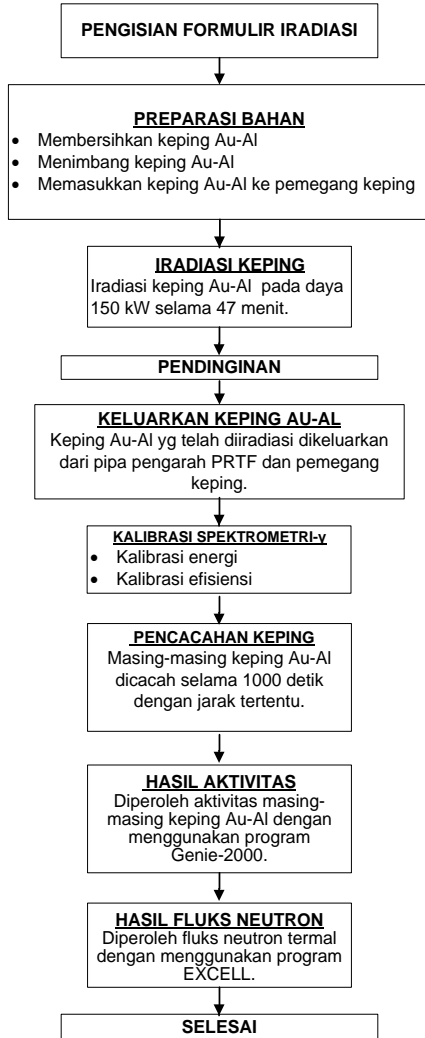
K	BS+5	B-29	B-30	PRTF	B-20	B-13	B-8	BS+10	B-5	B-2
J	B-28	BS+5	B-22	PRTF	B-21	B-23	B-24	B-4	BS+5	B-15
H	B-26	AIR	AIR	RI-51	RI-51	RI-51	RI-53	B-19	B-17	BS+5
G	B-16	RI-52	AIR	AL-4	RI-51	RI-50	RI-50	B-40	BS+5	B-14
F	AIR	RI-52	RI-53	RI-50	RI-49	RI-53	RI-50	AIR	B-32	PN RA
E	RI-52	RI-51	RI-52	AL-6	AL-3	RI-50	AL-8	RI-52	B-34	HY RA
D	RI-50	AL-2	RI-49	AL-5	AL-7	RI-52	RI-51	AIR	B-36	HY RA
C	AIR	RI-50	RI-53	RI-49	RI-50	RI-51	AIR	AIR	B-37	HY RA
B	BS+5	RI-50	RI-49	RI-49	AL-1	AIR	RI-51	B-06	B-11	HY RA
A	B-10	AIR	RI-50	RI-52	RI-51	RI-52	AIR	B-03	BS+5	B-1
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Keterangan :

B = Beryllium, BS+ = Beryllium Stopper dengan sumbat,

Al = Aluminium Stopper tanpa sumbat,

RI = Elemen Bakar, NS = Sumber Neutron



Gambar. 4. Diagram alir pengukuran fluks neutron termal di PRTF.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil lengkap aktivitas keping dan harga fluks neutron termal di fasilitas PRTF teras 82 dapat dilihat pada Tabel 1 sedangkan kurva pengukuran fluks neutron termal versus posisi aksial dapat dilihat pada Gambar 5. Koreksi-koreksi pengukuran yang disebutkan di atas telah dilakukan di dalam hasil perhitungan program Genie 2000.

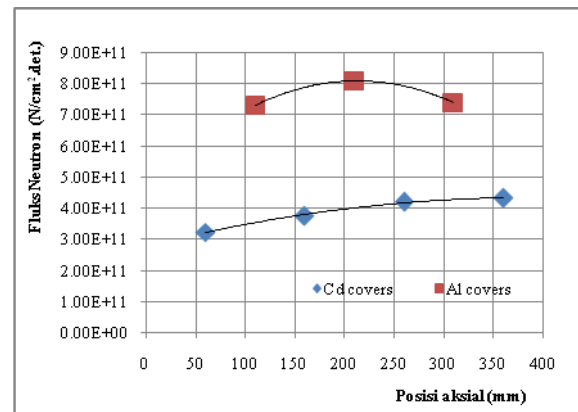
Dari uraian tersebut diatas bahwa harga fluks neutron termal maksimum di fasilitas PRTF terletak pada jarak posisi aksial 210 mm (posisi tengah).

Tabel. 1. Aktivitas keping dan fluks neutron pada posisi iradiasi PRTF teras 82.

Posisi		Aktivitas (Bq/gr)	Fluks neutron (n/cm ² .s) Daya 150 kWatt
Teras	Aksial (mm)		
PRTF	60 *	1,23E+08	3,23E+11
	110	2,78E+08	7,31E+11
	160	1,43E+08	3,76E+11
	210	3,07E+08	8,10E+11
	260	1,59E+08	4,20E+11
	310	2,81E+08	7,40E+11
	360	1,64E+08	4,32E+11

Keterangan :

* posisi aksial diukur dari posisi terbawah teras.



Gambar. 5. Kurva Fluks Neutron termal vs posisi aksial di posisi iradiasi PRTF pada daya 150 kWatt.

Hasil pengukuran fluks neutron termal pada fasilitas PRTF pada jarak aksial di bawah (60 mm) yaitu sebesar $3,23 \cdot 10^{11}$ n/cm².s. dan pada jarak aksial ditengah (210 mm) yaitu sebesar $8,10 \cdot 10^{11}$ n/cm².s. dan pada jarak aksial diatas (360 mm) yaitu sebesar $4,32 \cdot 10^{11}$ n/cm².s. Nilai ini tidak melebihi dari batas keselamatan pengoperasian PRTF sehingga hasil ini dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan iradiasi pin bahan bakar reaktor.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran distribusi fluks neutron termal pada fasilitas PRTF diatas dapat disimpulkan bahwa pada jarak aksial

di bawah (60 mm) yaitu sebesar $3,23 \cdot 10^{+11}$ n/cm².s. dan pada jarak aksial ditengah (210 mm) yaitu sebesar $8,10 \cdot 10^{+11}$ n/cm².s. dan pada jarak aksial diatas (360 mm) yaitu sebesar $4,32 \cdot 10^{+11}$ n/cm².s. Hal ini dapat dilihat pada grafik di atas bahwa pada posisi di tengah mempunyai distribusi fluks neutron yang lebih besar karena sebagian neutron diserap oleh batang kendali. Dengan demikian sistem PRTF siap dioperasikan untuk mendukung pengujian bahan bakar reaktor daya di reaktor RSG-GAS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ANONIM, "Safety Analysis and Design Report Power Ramp Test Facility-PRTF", Ident No.60.15567.1.1987.
- [2]. Prosedur Pemindahan Perangkat Pembawa Kapsul Fasilitas Iradiasi PRTF, No. Ident.: RSG.OR.14.02.41.12.
- [3]. Prosedur Pengoperasian Fasilitas Iradiasi PRTF, No. Ident.: RSG.OR.01.02.41.13.
- [4]. Laporan Data Pengukuran Fluks Neutron Di Posisi Iradiasi (IP) B-6, D-9, E-4, dan G-7 RSG- G.A. Siwabessy, No. Ident.: RSG.OR.01.04.44.13.
- [5]. Standar Operasional Prosedur Pengukuran Fluks Neutron di Fasilitas Topaz RSG GAS, No. SOP 001.003/RN 00 04/RSG 2.1.
- [6]. Standar Operasional Prosedur Pengukuran Fluks Neutron di Teras RSG GAS, No. SOP 003.003/RN 00 04/RSG 2.1.