

DISTRIBUSI FLUKS NEUTRON TERMAL DAYA 2 MW PADA POSISI IRADIASI B-6, D-9 DAN G-7 REAKTOR RSG-GAS

Jaka Iman, Asnul S., Kawkab M., Royadi
PRSG-BATAN, Gd.31 Lt.2, Kawasan Puspipstek, Serpong, Tangerang,
Banten, 15310, Telp.(021) 7560908, Faks. (021) 7560573
E-mail : jakaiman@batan.go.id

ABSTRAK

DISTRIBUSI FLUKS NEUTRON TERMAL DAYA 2 MW PADA POSISI IRADIASI B-6, D-9 DAN G-7 REAKTOR RSG-GAS. Distribusi fluks neutron termal telah dilakukan pada tiga posisi iradiasi (B-6, D-9 dan G-7) teras 83 reaktor RSG GAS. Pengukuran dilakukan dengan metode aktivasi keping emas. Iradiasi keping dilakukan pada daya menengah dengan mengoperasikan sistem pendingin primer. Aktivitas keping diukur dan dihitung pada saat keluar dari reaktor. Distribusi fluks neutron termal dapat dihitung dari aktivitas keping yang terukur tersebut. Dari hasil analisis diperoleh fluks neutron termal di posisi B-6 pada daya 2 MW, posisi ditengah sebesar $9,70.10^{+13}$ n/cm².s., fluks neutron termal di posisi iradiasi D-9, pada posisi ditengah sebesar $9,79.10^{+13}$ n/cm².s. Sedangkan fluks neutron termal di posisi iradiasi G-7 pada posisi ditengah $9,81.10^{+13}$ n/cm².s. Dengan pengukuran ini diperoleh data fluks neutron termal terkini untuk mendukung produksi radioisotop, pengembangan elemen bakar dan komponen reaktor, penelitian dalam bidang sains materi dan berbagai litbang lain dalam bidang industri nuklir.

Kata Kunci : Distribusi fluks neutron termal

ABSTRACT

THERMAL NEUTRON FLUX DISTRIBUTION AT 2 MW POWER AT POSITION B-6, D-9 AND G-7 OF RSG-GAS REACTOR. Thermal neutron flux distribution has been done at three irradiation positions (B-6, D-9 dan G-7) of core 83 of RSG GAS reactor. Gold activation foils were used for the measurement. The foils were irradiated at the core position in middle power with using the primary coolant system. The activity of the foils were measured and saturate activity has been calculated. Thermal neutron flux distribution can be determined from this activity. The results of analysis founds thermal neutron flux at position B-6 at 2 MW of power level, centre position is $9,70.10^{+13}$ n/cm².s. and thermal neutron flux at the position of D-9, centre position is $9,79.10^{+13}$ n/cm².s. and thermal neutron flux at the position of G-7, centre position is $9,81.10^{+13}$ n/cm².s. With this measurement had gotten the recent data of thermal neutron flux to support the radioisotope production, development fuel elements, and reactor materials, research in the field of materials science and other research in nuclear industry.

Keyword : Thermal neutron flux distribution

Disampaikan dalam Seminar Nasional IX SDM Teknologi Nuklir, Penyiapan SDM Teknologi Nuklir yang Menguasai Aplikasi Teknik Nuklir, STTN-BATAN, Yogyakarta, 31 Oktober 2013.

PENDAHULUAN

Tugas pokok PRSG sesuai dengan KEPPRES No. 198 tahun 1998 adalah melaksanakan pengoperasian reaktor RSG-GAS, melakukan pelayanan iradiasi dan bertanggung jawab terhadap keselamatan yang ditetapkan oleh Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional.

Reaktor Serba Guna ini merupakan reaktor nuklir dengan fluks neutron yang tinggi, sehingga sesuai sebagai sarana untuk produksi radioisotop, riset di bidang elemen bakar dan komponen reaktor, riset dalam bidang sains materi dan berbagai litbang lain dalam bidang industri nuklir.

Kualitas pelayanan iradiasi sangat ditentukan oleh sejauh mana karakteristik dari sumber neutron di teras reaktor. Karakteristik fluks neutron di reaktor RSG-GAS saat ini masih perlu diperbaiki (di *upgrade*), karena data yang digunakan sudah kadaluarsa.

Dalam tulisan ini dibahas pengukuran distribusi fluks neutron termal di fasilitas iradiasi pada posisi B-6, D-9, dan G-7 Reaktor RSG-GAS. Sebelumnya telah dilakukan pengukuran distribusi fluks neutron termal, namun dengan bergantinya konfigurasi teras yang baru perlu dilakukan pengukuran kembali untuk mengevaluasi adanya perubahan fluks neutron termal. Dengan melakukan evaluasi ini diharapkan akan diperoleh data fluks neutron termal yang akurat untuk mendukung penelitian aktivasi analisis neutron dan produksi radioisotop.

TEORI

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

$$\varphi = \frac{BA.A .e^{\lambda.t_d} .t_m}{m.N_o .\sigma (1 - e^{-\lambda.t_i})(1 - e^{-\lambda.t_m})} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- BA = berat atom keping
- A = aktivitas keping yang telah diiradiasi
- λ = tetapan peluruhan
- t_d = waktu peluruhan
- t_m = waktu pengukuran
- t_i = waktu iradiasi
- m = massa keping
- N_o = bilangan Avogadro
- σ = tampang lintang aktivitas keping

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 sedemikian rupa yang tersusun secara aksial di posisi iradiasi B-6, D-9 dan G-7 maka dapat ditentukan pengukuran distribusi rapat fluks neutron secara aksial di beberapa posisi iradiasi tersebut.

Penyisipan keping-keping ke dalam fasilitas iradiasi posisi B-6, D-9 dan G-7 teras reaktor dilakukan pada saat reaktor beroperasi dan stabil pada daya 2 MW. Setelah itu keping-keping diiradiasi, daya reaktor dipertahankan stabil pada daya 2 MW dan di iradiasi selama yang ditetapkan 10 menit dan selanjutnya keping-keping dikeluarkan dari pemegang keping (*stringer*) dalam pipa pengarah tabung iradiasi batu topaz dan disimpan dikolam penyimpanan untuk pendinginan dan peluruhan.

TATA KERJA

Pengukuran distribusi fluks neutron termal teras 83 dilakukan dengan metoda aktivitas keping emas. Lempengan aluminium setebal sekitar 1,5 mm dengan panjang 700 mm digunakan sebagai pemegang keping (*stringer*) untuk meletakkan 8 (delapan) buah keping emas berjarak 7,5 cm satu sama lain sepanjang pemegang keping (*stringer*) tersebut. Kemudian pemegang keping (*stringer*) tersebut disisipkan di pipa pengarah topaz pada posisi B-6, D-9, dan G-7 (lihat gambar 1. Konfigurasi teras 83 penuh) dan selanjutnya reaktor dioperasikan pada daya 2 MW dengan menjalankan pompa pendingin primer. Pemegang keping (*stringer*) dapat dilihat pada gambar 3. 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 4.

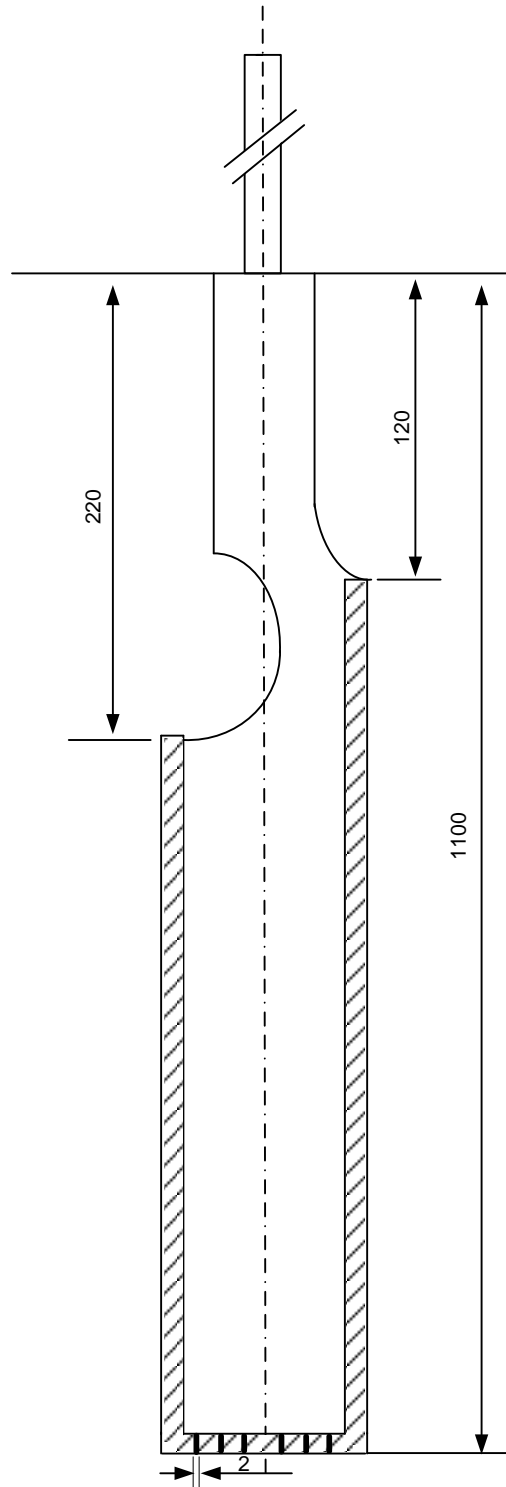
KONFIGURASI TERAS 83 AWAL

K	BS+59	B-29	B-30	PRTF	B-20	B-13	B-8	BS+10	B-5	B-2
	B-28	BS+58	B-22	PRTF	B-21	B-23	B-24	B-4	BS+52	B-15
	B-26	AIR	AIR	RI-512	RI-518	RI-511	RI-533	B-19	B-17	BS+51
	B-16	RI-527	AIR	AL-4	RI-513	RI-503	RI-504	B-40	BS+57	B-14
	AIR	RI-528	RI-537	RI-507	RI-497	RI-538	RI-502	AIR	B-32	PNRA
	RI-524	RI-514	RI-522	AL-6	AL-3	RI-506	AL-8	RI-526	B-34	HYRA
	RI-509	AL-2	RI-495	AL-5	AL-7	RI-520	RI-515	AIR	B-36	HYRA
	AIR	RI-500	RI-539	RI-499	RI-508	RI-516	AIR	AIR	B-37	HYRA
	BS+54 NS	RI-505	RI-494	RI-492	AL-1	AIR	RI-519	B-06	B-11	HYRA
	B-10	AIR	RI-501	RI-521	RI-510	RI-523	AIR	B-03	BS+56	B-1
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

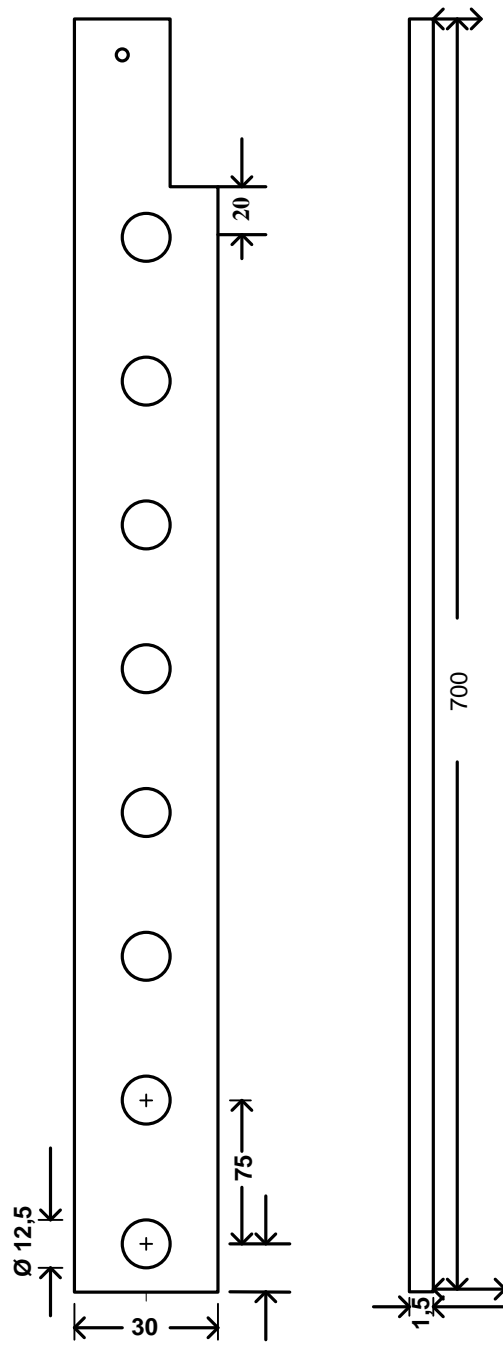
Keterangan :

B = *Beryllium*, BS+ = *Beryllium Stopper* dengan sumbat, Al = *Aluminium Stopper* tanpa sumbat, RI = *Elemen Bakar*, NS = *Sumber Neutron*

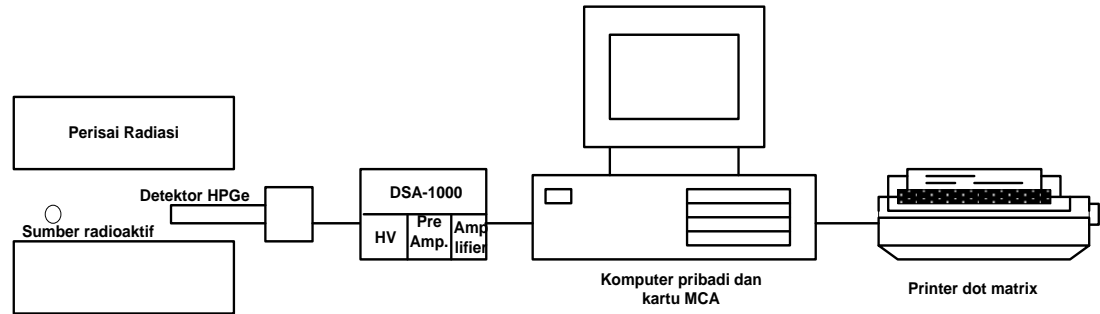
Gambar 1. Konfigurasi teras 83 awal



Gambar 2. Pipa pengarah posisi iradiasi batu topaz yang terbuat dari bahan aluminium.



Gambar 3. Pemegang keping (*stringer*)



Gambar 4. Sistem spektrometri gamma

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan sebelumnya pengukuran fluks neutron di posisi iradiasi B-6, D-9, dan G-7 pada daya rendah 200 kW teras 65 (Tabel 1), dan pada daya tinggi 15 MW teras 72 (Tabel 5).

Hasil lengkap aktivitas keping dan harga fluks neutron termal di posisi iradiasi B-6, D-9, dan G-7 daya menengah 2 MW teras 83 dapat dilihat pada tabel 2, 3 dan 4 sedangkan kurva pengukuran distribusi fluks neutron termal versus posisi aksial dapat dilihat pada gambar 5 dan 6. Koreksi-koreksi pengukuran yang disebutkan di atas telah dilakukan di dalam hasil perhitungan program Genie 2000.

Dari tabel 2, 3, dan 4 diatas bahwa harga fluks neutron termal maksimum di posisi iradiasi B-6 terletak pada jarak posisi aksial 295 mm sedangkan harga fluks neutron termal maksimum di posisi iradiasi D-9 terletak pada jarak posisi aksial 220 mm. Dan harga fluks neutron termal maksimum di posisi iradiasi G-7 terletak pada jarak posisi aksial 220 mm.

Tabel 1.
Fluks neutron termal pada daya rendah 200 kW di posisi iradiasi B-6, D-9 dan G-7

Posisi		Fluks neutron (n/cm ² .det)
Iradiasi	Aksial (mm)	
B-6	70	1,96.10 ⁺¹²
	220	4,35.10 ⁺¹²
	370	1,55.10 ⁺¹²
	520	8,88.10 ⁺¹¹
D-9	70	1,68.10 ⁺¹²
	220	1,99.10 ⁺¹²
	370	1,33.10 ⁺¹²
	520	6,46.10 ⁺¹¹
G-7	70	1,01.10 ⁺¹²
	220	2,06.10 ⁺¹²
	370	2,88.10 ⁺¹²
	520	7,45.10 ⁺¹¹

Tabel 2.
**Fluks neutron termal pada daya menengah 2 MW
di posisi iradiasi B-6**

Posisi		Fluks neutron (n/cm ² .det)
Iradiasi	Aksial (mm)	
B-6	70	3,49.10 ⁺¹³
	145	5,55.10 ⁺¹³
	220	8,76.10 ⁺¹³
	295	9,70.10 ⁺¹³
	370	8,26.10 ⁺¹³
	445	7,15.10 ⁺¹³
	520	2,79.10 ⁺¹³
	595	2,11.10 ⁺¹³

Tabel 3.
Aktivitas keping dan Fluks neutron termal pada daya menengah 2 MW
di posisi iradiasi D-9

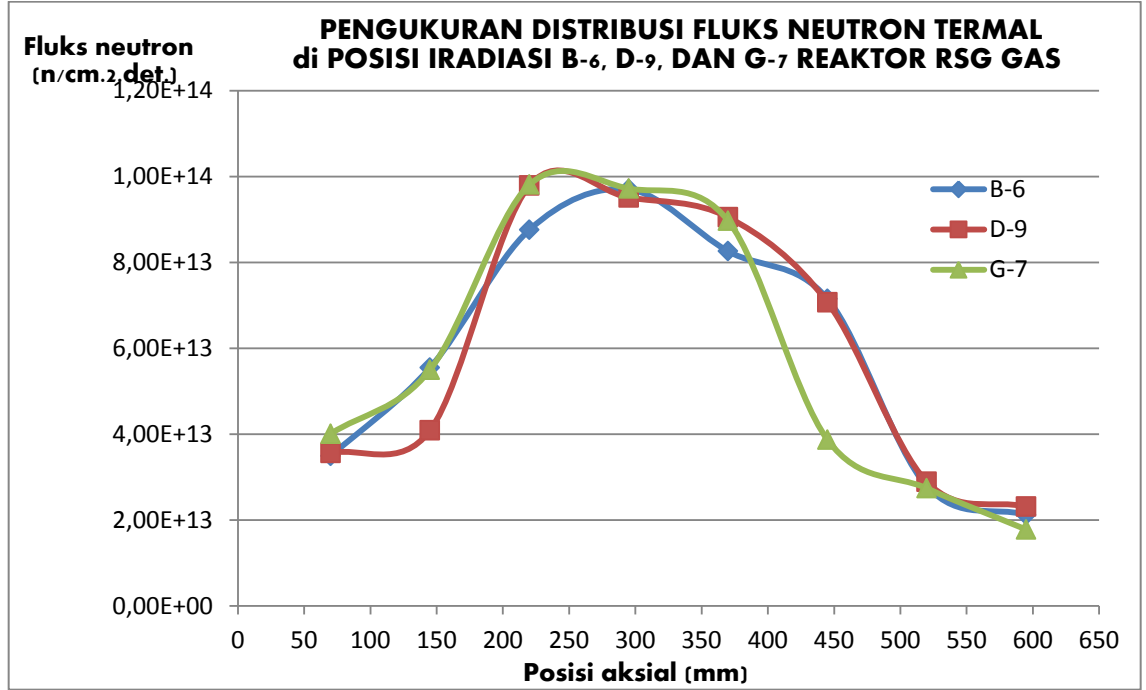
Posisi		Fluks neutron (n/cm ² .det)
Iradiasi	Aksial (mm)	
D-9	70	3,56.10 ⁺¹³
	145	4,09.10 ⁺¹³
	220	9,79.10 ⁺¹³
	295	9,51.10 ⁺¹³
	370	9,05.10 ⁺¹³
	445	7,07.10 ⁺¹³
	520	2,89.10 ⁺¹³
	595	2,31.10 ⁺¹³

Tabel 4.
Aktivitas keping dan Fluks neutron termal pada daya menengah 2 MW
di posisi iradiasi G-7

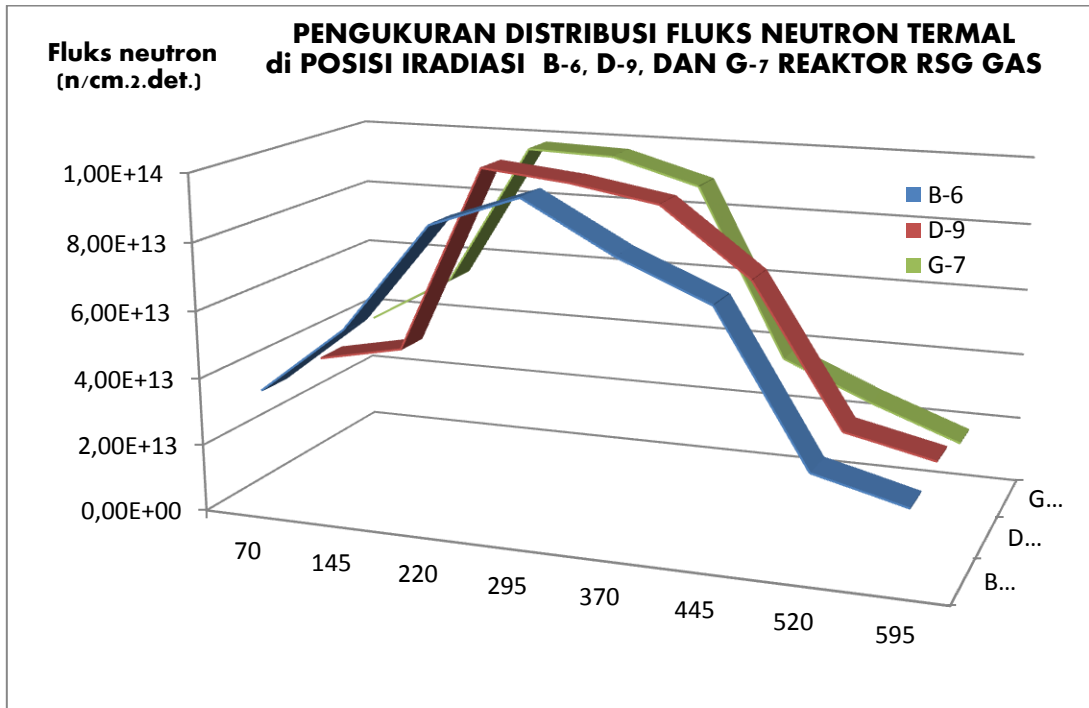
Posisi		Fluks neutron (n/cm ² .det)
Iradiasi	Aksial (mm)	
G-7	70	4,01.10 ⁺¹³
	145	5,49.10 ⁺¹³
	220	9,81.10 ⁺¹³
	295	9,72.10 ⁺¹³
	370	8,97.10 ⁺¹³
	445	3,87.10 ⁺¹³
	520	2,74.10 ⁺¹³
	595	1,78.10 ⁺¹³

Tabel 5.
Fluks neutron termal pada daya tinggi 15 MW di posisi iradiasi B-6, D-9 dan G-7

Posisi		Fluks neutron (n/cm ² .det)
Iradiasi	Aksial (mm)	
B-6	70	1,47.10 ⁺¹⁴
	220	3,26.10 ⁺¹⁴
	370	1,16.10 ⁺¹³
	520	6,66.10 ⁺¹³
D-9	70	1,26.10 ⁺¹⁴
	220	1,49.10 ⁺¹⁴
	370	9,99.10 ⁺¹³
	520	4,85.10 ⁺¹³
G-7	70	7,58.10 ⁺¹³
	220	1,55.10 ⁺¹⁴
	370	2,16.10 ⁺¹⁴
	520	5,59.10 ⁺¹³



Gambar 5. Kurva Pengukuran Distribusi fluks Neutron termal di posisi iradiasi B-6, D-9 dan G-7 reaktor RSG-GAS.



Gambar 6. Kurva Pengukuran Distribusi luks Neutron termal di posisi iradiasi B-6, D-9 dan G-7 reaktor RSG-GAS pada pandangan atas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak baik langsung maupun tidak langsung atas terselesaikannya makalah ini. Ucapan terima kasih tersebut terutama disampaikan kepada Ka.Sub.Bid. Perencanaan Operasi dan staf, para staf operator dan supervisor reaktor Sub.Bid. Pelaksanan Operasi, dan staf Sub.Bid. Pelayanan Iradiasi dalam distribusi fluks neutron termal pada posisi iradiasi B-6, D-9, dan G-7 reaktor RSG-GAS.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran distribusi fluks neutron termal pada posisi iradiasi B-6, D-9 dan G-7 diatas dapat disimpulkan bahwa posisi iradiasi B-6 pada jarak aksial di tengah (295 mm) yaitu sebesar $9,70.10^{+13}$ n/cm².s. dan pada posisi iradiasi D-9, jarak aksial di tengah (220 mm) yaitu sebesar $9,79.10^{+13}$ n/cm².s. Sedangkan pada posisi iradiasi G-7, jarak aksial ditengah (220 mm) yaitu sebesar $9,81.10^{+13}$ 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.

DAFTAR PUSTAKA

- a. Laporan Data Pengukuran Fluks Neutron di Posisi Iradiasi (IP) D-9 dan E-4 pada Daya 200 kW Teras 63, No. Ident : RSG.OR.07.02.41.08.
- b. Laporan Data Pengukuran Fluks Neutron di Posisi Iradiasi (IP) G-7 dan B-6 pada Daya 200 kW Teras 65, No. Ident : RSG.OR.013.02.41.08.
- c. Juklak Pengukuran Fluks Neutron di Teras RSG-GAS, No. Ident : RSG.OR.04.03.41.10.
- d. Juklak Pengukuran Fluks Neutron di Posisi Iradiasi D-6 dan E-7 RSG G.A. Siwabessy, No. Ident. :RSG.OR.01.03.44.10.
- e. Juklak Pengukuran Fluks Neutron pada Posisi Iradiasi (IP) B-6, D-9, E-4, dan G-7 Topaz RSG-GAS, No. Ident. :RSG.OR.01.03.44.13.
- f. 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.