

## ANALISIS FAKTOR KOREKSI KEPING AKTIVASI DAN PENGARUH PENGABAIIANNYA PADA PENGUKURAN FLUKS DAN SPEKTRUM NEUTRON

Ita Budi Radiyanti, Amir H., Surian P.  
Staf Bidang Fisika Reaktor, PRSG-BATAN

### ABSTRAK

*ANALISIS FAKTOR KOREKSI KEPING AKTIVASI DAN PENGARUH PENGABAIIANNYA PADA PENGUKURAN FLUKS DAN SPEKTRUM NEUTRON.* Metoda aktivasi keping biasanya digunakan di dalam pengukuran fluks dan spektrum neutron suatu reaktor maupun penelitian lainnya. Penelitian ini menganalisis pengaruh ketebalan keping dan bentuk spektrum neutron terhadap besarnya koreksi perisai diri dan koreksi aktivasi pada tepi ketebalan keping dari berbagai jenis keping. Selain itu dianalisis pula pengaruh pengabaian faktor koreksi tersebut terhadap hasil pengukuran fluks dan spektrum neutron. Perhitungan faktor-faktor koreksi tersebut dilakukan dengan menggunakan program perhitungan yang telah diuji kesesuaiannya untuk beberapa jenis keping. Pada penelitian ini digunakan keping-keping Au, In, Co, Cu dan Dy berjari-jari 0,637 cm dan tebal 0,00254 cm sampai 0,127 cm. Hasil menunjukkan bahwa harga dan kecenderungan dari besarnya faktor-faktor koreksi tersebut berbeda untuk masing-masing jenis keping karena adanya variasi tampang lintang dan bentuk spektrum neutron. Pada spektrum neutron di fasilitas iradiasi sistem rabit RS-2 RSG-GAS, dengan keping berketebalan 0,00254 cm untuk daerah termal, pengaruh pengabaian faktor koreksi tersebut terhadap hasil pengukuran fluks neutron, untuk Au, In, Co dan Cu dibawah -6% sedangkan Dy -25%. Pada daerah epitermal untuk Au dan In sekitar -60%, untuk Co dan Dy sekitar -12% dan -6% sedangkan Cu kurang dari -2%. Sedangkan pengaruhnya terhadap pengukuran spektrum neutron adalah menyebabkan berubahnya harga rapat fluks neutron disepanjang daerah energi neutron.

### ABSTRACT

*CORRECTION FACTOR ANALYSIS OF FOIL ACTIVATION AND THE EFFECT OF NEGLECTING THE CORRECTION ON NEUTRON FLUX AND SPECTRUM MEASUREMENT.* Foil activation method is commonly used in flux and neutron spectrum measurement in nuclear reactor and other research. The effect of the thickness, type of foil material and neutron spectrum shape on the self shielding correction and activities correction on the edges of the foil have been analyzed. Also the effect of neglecting those correction factors on neutron flux and spectrum measurement were analyzed. The calculation of the correction factor has been done by using the program which had been verified for several foils. The foils used are Au, In, Cu, Co and Dy of 0.00254 cm - 0.127 cm thickness and 1.27 cm diameter. The result showed that the correction factor foils were not similar due to the variation of activation cross section and neutron spectrum shape. For the neutron spectrum in RS-2 multi purpose reactor GAS using foils of 0.00254 cm thick. The effect of neglecting correction factor on thermal flux measurement for Au, In Co and Cu were less than -6%, for Dy was about -25%. On epithermal flux measurement for Au and In were about -60%, Co and Dy was -12% and -6%, for Cu less than -2%. The effect of neglecting correction factor on spectrum measurement was the change on the neutron flux density values along neutron energy region.

### PENDAHULUAN

Metoda aktivasi keping sering digunakan dalam pengukuran fluks dan spektrum neutron suatu reaktor maupun penelitian lainnya. Pada metoda tersebut keping diiradiasi kemudian dihitung aktivitasnya yang sebanding dengan besarnya fluks neutron di tempat pengiradian.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang teliti perlu diperhitungkan beberapa faktor koreksi antara lain koreksi perisai diri yaitu koreksi akibat berkurangnya rapat fluks neutron di bagian dalam media keping karena adanya penyerapan neutron pada lapisan luar keping tersebut (g) dan koreksi akibat diabaikannya aktivasi keping yang disebabkan oleh neutron yang datang pada sisi

ketebalan keping ( ). Pada makalah terdahulu<sup>1,2)</sup> telah dibahas tentang metode perhitungan numerik, rumus yang digunakan dan diagram alir serta pengujian program perhitungan kedua faktor koreksi tersebut yang dibuat dengan bahasa FORTRAN. Dari hasil pengujian diperoleh kesimpulan bahwa hasil perhitungan ke dua faktor koreksi tersebut, terutama untuk Au, sangat mendekati hasil pengukuran dengan perbedaan kurang dari 3%<sup>1,2)</sup>.

Pada pengukuran fluks dan spektrum neutron digunakan berbagai jenis keping untuk menjangkau rentang energi neutron yang ada. Lokasi pengukuranpun dapat berbeda-beda sehingga bentuk spektrumnya tidak sama. Pada metoda sandwich foil, untuk mengukur fluks maupun spektrum neutron epitermal, keping-keping ditumpuk hingga 9 lapis<sup>4)</sup> dengan demikian tebal keping tidak dapat diabaikan lagi. Untuk mengetahui karakteristik keping secara keseluruhan sehingga dalam pemakaiannya dapat diperoleh hasil yang lebih akurat maka pada penelitian kali ini dilakukan analisis terhadap pengaruh ketebalan keping dan bentuk spektrum neutron pada besarnya koreksi perisai diri dan koreksi aktivasi pada tepi ketebalan keping dari berbagai jenis keping serta pengaruh besarnya koreksi-koreksi tersebut apabila diabaikan terhadap hasil pengukuran fluks dan spektrum. Perhitungan faktor koreksi tersebut dilakukan dengan menggunakan program perhitungan yang telah disebutkan di atas. Jenis keping yang dibahas adalah keping yang biasa digunakan didalam pengukuran fluks maupun spektrum yaitu Au, In, Co, Cu dan Dy berjari-jari 0,637 cm dan tebal 0,00254 cm sampai 0,127 cm. Data tampang lintang diambil dari Doscross 84, sedangkan spektrum neutron dari hasil pengukuran dan perhitungan dengan SANDII pada fasilitas iradiasi sistem rabbit RS-2 RSG-GAS serta sebagai pembanding digunakan spektrum input pada program SANDII.

## TEORI

Apabila sebuah keping aktivasi diiradiasi didalam suatu reaktor nuklir, maka aktivitas saturasi per inti keping tersebut akan sebanding dengan besarnya fluks neutron ditempat itu. Tetapi adanya penyisipan keping pada tempat iradiasi itu akan menimbulkan pengaruh yang disebut efek perisai diri yang berarti berkurangnya rapat fluks neutron dibagian dalam media keping karena adanya penyerapan neutron pada lapisan luar keping

tersebut. Besarnya aktivitas saturasi per inti dari keping yang diiradiasi sesuai dengan persamaan berikut<sup>1)</sup>:

$$A = \int_0^{\infty} \sigma(E) \phi(E) g(E) dE \quad (1)$$

dimana :  $\sigma$  = tampang lintang mikroskopik  
 $\phi$  = fluks neutron  
 $g$  = faktor perisai diridengan

$$g(E) = \frac{1}{\sum_a(E)d} \int_0^{\pi/2} \left( 1 - e^{-\frac{\Sigma_a(E)d}{\cos v}} \right) \sin v \cos v dv$$

$v$  = sudut neutron jatuh  
 $\Sigma_{aj}$  = tampang lintang makroskopik  
 $d$  = tebal keping

Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa besarnya faktor  $g$  selain bergantung pada tebal keping juga pada tampang lintang keping. Harga faktor  $g$  total dapat dihitung dengan membagi persamaan (1) dengan aktivitas keping ideal yang harga  $g(E)$  nya sama dengan 1. Jadi keping dengan harga  $g$  mendekati 1 dapat dikatakan bahwa keping tersebut mempunyai pengaruh perisai diri yang kecil.

Persamaan (1) dihitung dengan mengasumsikan bahwa jari-jari keping jauh lebih besar dari pada tebal keping sehingga neutron yang jatuh pada tepi/sisi ketebalan keping diabaikan. Apabila aktivasi yang disebabkan oleh neutron yang jatuh pada tepi/sisi ketebalan keping diperhitungkan maka<sup>2)</sup>:

$$A_k = A(1+\epsilon) \quad (2)$$

dengan  $A_k$  dan  $A$  = aktivitas saturasi per keping yang sudah dan yang belum terkoreksi oleh  $\epsilon$ .  
 $\epsilon$  = faktor koreksi aktivitas pada tepi keping

Faktor koreksi dapat ditulis sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{2 \sum_a d}{1 - 2 E_3(\sum_a d)} \times \frac{2}{\pi n} \left[ I(\sum_a d) - \Delta(n \sum_a d) \right]$$

dengan  $n = 2R/d$  ( $R$  = jari-jari keping,  $d$  = tebal keping)

$$\Delta(n \sum_a d) = \int_0^{\pi/2} \int_0^{\pi/2} e^{-\frac{n \sum_a d \sin \varphi}{\cos v}} \sin v \sin \varphi dv d\varphi$$

$$I(\sum_a d) = \sum_a d \int_0^{\pi/2} \left[ \left(1 + e^{-\frac{\sum_a d}{\cos v}}\right) - \sum_a d \left(1 + e^{-\frac{\sum_a d}{\cos v}}\right) \right] \sin^2 v dv$$

dan adalah sudut neutron jatuh.

Dengan diketahuinya aktivitas saturasi per inti dari keping maka besarnya fluks termal maupun epitermal dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut3)

$$\Phi_{th} = \frac{A_{th}}{\bar{\sigma} g_{th} (1 + \epsilon)_{th}} \tag{4}$$

dengan  $A_{th}$  dan  $A_{epi}$  = aktivitas saturasi per inti untuk daerah termal dan epitermal.

$$\Phi_{epi} = \frac{A_{epi}}{I g_{epi} (1 + \epsilon)_{epi} \ln \frac{E_2}{E_1}} \tag{5}$$

$\sigma$  dan  $I$  = tampang lintang mikroskopik untuk termal dan integral resonansi.

$E_2$  dan  $E_1$  = energi batas atas dan bawah daerah epitermal

Apabila dalam pengukuran fluks faktor-faktor koreksi tersebut diabaikan maka pengaruh pengabaian dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_{th} = \frac{\Phi_{th}^I - \Phi_{th}}{\Phi_{th}} = [g_{th} (1 + \epsilon)_{th}] - 1$$

$$P_{epi} = \frac{\Phi_{epi}^I - \Phi_{epi}}{\Phi_{epi}} = [g_{epi} (1 + \epsilon)_{epi}] - 1$$

dengan  $\epsilon_{th}^*$  dan  $\epsilon_{epi}^*$  adalah fluks termal dan epitermal yang diperoleh dengan mengabaikan faktor-faktor koreksi yang ada.

**TATA KERJA**

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan program perhitungan faktor koreksi perisai diri dan koreksi aktivasi yang disebabkan oleh neutron yang datang dari sisi ketebalan keping. Keping yang digunakan adalah keping-keping Au, In, Co, Cu dan Dy berjari-jari 0,637 cm dengan tebal 0,00254 cm sampai 0,127 cm. Spektrum neutron yang digunakan diperoleh dari hasil pengukuran dan perhitungan dengan paket program SANDII pada fasilitas iradiasi sistem rabbit RS-2 RSG G.A.

Siwabessy. Sedangkan untuk perbandingan digunakan spektrum neutron input pada SANDII. Data tampang lintang diambil dari pustaka Doscross 84 sebanyak 620 kelompok energi. Adapun langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Menghitung besarnya faktor koreksi perisai diri termal maupun epitermal serta koreksi aktivasi neutron dari sisi ketebalan keping untuk semua keping dengan variasi ketebalan. Spektrum yang digunakan adalah spektrum RS-2 RSG-GAS.
2. Melakukan hal yang sama dengan langkah 1, tetapi spektrum yang digunakan adalah spektrum input SANDII.
3. Menghitung besarnya fluks neutron termal dan epitermal dengan menggunakan rumus (4) dan (5). Kemudian menghitung pengaruh pengabaian faktor koreksi terhadap pengukuran fluks pada RS-2 RSG-GAS untuk daerah termal (Pth) dan epitermal (Pepi) dengan rumus (6).
4. Menghitung spektrum neutron RS-2 RSG-GAS dengan mengabaikan faktor-faktor koreksi dengan program SANDII. Kemudian membandingkannya dengan bentuk spektrum neutron yang diperoleh dengan memperhitungkan faktor-faktor koreksi.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil perhitungan faktor koreksi perisai diri pada daerah termal dan epitermal untuk keping Au, In, Co, Cu dan Dy di fasilitas iradiasi RS-2 RSG G.A. Siwabessy disajikan pada Tabel 1a dan 1b. Terlihat bahwa pada jenis keping yang berbeda, harga dan kecenderungan dari besarnya pengaruh koreksi berbeda pula. Hal itu karena masing-masing jenis keping mempunyai karakteristik tampang lintang yang berbeda-beda.

Tabel 1a. Faktor koreksi perisai diri daerah termal pada RS-2 RSG G.A. Siwabessy (gth).

Nama Keping	In	Co	Au	Cu	Dy
Tampang Lintang (Barn)	170	37,4	100	4,5	920
Waktu Paruh	54 m	5,27 y	2,69 d	12,8 h	139 m
Tebal (cm)	In ( $\mu_m$ )	Co ( $\mu_m$ )	Au ( $\mu_m$ )	Cu ( $\mu_m$ )	Dy ( $\mu_m$ )
0,254E-2	0,9408	0,9749	0,9551	0,9960	0,7433
0,538E-2	0,9012	0,9542	0,9238	0,9924	0,6055
0,108E-1	0,8431	0,9217	0,8769	0,9863	0,4525
0,365E-1	0,6705	0,8132	0,7300	0,9628	0,2020
0,762E-1	0,5198	0,7028	0,5934	0,9339	0,1052
0,127	0,4041	0,6046	0,4820	0,9029	0,0643

Untuk daerah termal, Dy yang mempunyai tampang lintang reaksi ( $n_p$ ) pada daerah termal yang terbesar (920 barn), mempunyai pengaruh koreksi yang paling besar. Sebaliknya Cu yang bertampang lintang ( $n_p$ ) pada daerah termal hanya 4,5 barn pengaruh koreksi yang ada sangat kecil.

Tabel 1b. Faktor koreksi perisai diri daerah epitermal pada RS-2 RSG G.A. Siwabessy (gepi).

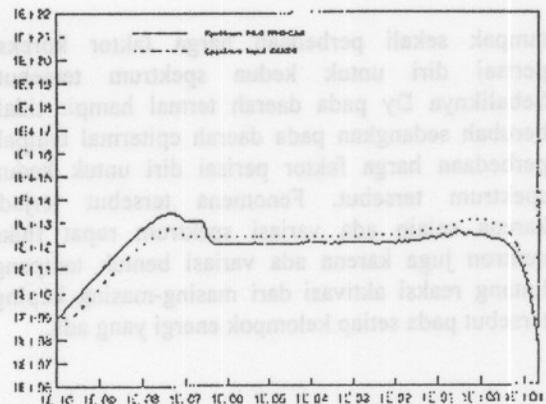
Nama Keping	In	Co	Au	Cu	Dy
Tampang Lintang (Barn)	3243	77	1565	5,6	70
Energi (ev)	1,457	132	4.906	580	110
Tebal (cm)	In (g <sub>th</sub> )	Co (g <sub>th</sub> )	Au (g <sub>th</sub> )	Cu (g <sub>th</sub> )	Dy (g <sub>th</sub> )
0,254E-2	0,3994	0,8863	0,3663	0,9869	0,9367
0,538E-2	0,2873	0,8139	0,2669	0,9760	0,8891
0,108E-1	0,2085	0,7223	0,1998	0,9587	0,8204
0,365E-1	0,1168	0,5321	0,1219	0,9002	0,6348
0,762E-1	0,0801	0,4291	0,0910	0,8404	0,4922
0,127	0,0606	0,3693	0,0739	0,7872	0,3903

Untuk daerah epitermal keping yang mempunyai pengaruh koreksi yang paling besar adalah In dan Au karena tampang lintang resonansi kedua keping tersebut cukup tinggi dan berada pada energi 1,457 eV dan 4,906 eV yang mana rapat neutron pada daerah tersebut masih cukup tinggi (lihat Gb. 1). Sedangkan yang paling kecil pengaruh koreksinya adalah Cu yang tampang lintang resonansinya kecil dan terletak pada energi 580 eV yang mana rapat neutron pada daerah tersebut sedang menurun.

Tabel 2. Faktor koreksi aktivasi dari sisi ketebalan keping

Tebal (cm)	In (%)		Co (%)		Au (%)		Cu (%)		Dy (%)	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
0,254E-2	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,07	0,07	0,15	0,15
0,538E-2	0,29	0,29	0,27	0,24	0,29	0,31	0,15	0,15	0,34	0,34
0,108E-1	0,61	0,65	0,55	0,54	0,59	0,61	0,31	0,30	0,66	0,65
0,365E-1	2,25	2,29	1,98	1,80	2,16	2,20	1,05	1,02	1,67	1,73
0,762E-1	4,83	4,83	4,40	4,16	4,74	4,66	2,22	2,16	5,82	5,54
0,127	7,55	7,81	7,54	6,97	7,81	7,72	3,75	3,75	12,8	11,2

Pengaruh bentuk spektrum yang berbeda terhadap besarnya faktor koreksi perisai diri dapat dilihat pada Gambar 2a dan 2b. Spektrum yang dipakai selain spektrum di RS-2 pada RSG-GAS adalah spektrum input pada program SANDII (lihat Gb.1), yang mana rapat fluks neutron pada daerah termal lebih kecil sedangkan rapat neutron pada



Gambar 1. Spektrum rapat fluks neutron RS-2 RSG-GAS dan spektrum input SANDII

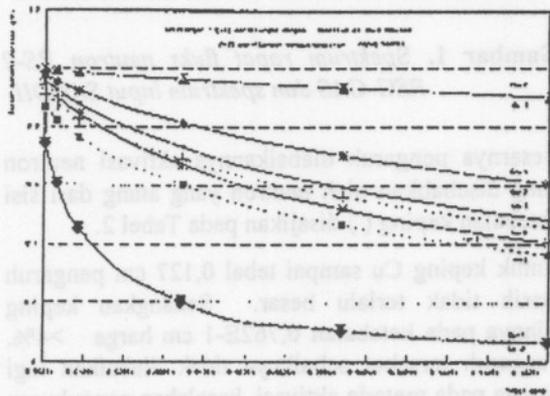
Besarnya pengaruh diabaikannya aktivasi neutron yang disebabkan oleh neutron yang datang dari sisi ketebalan keping ( ) disajikan pada Tabel 2.

Untuk keping Cu sampai tebal 0,127 cm pengaruh masih tidak terlalu besar. Sedangkan keping lainnya pada ketebalan 0,762E-1 cm harga >4%. Pengaruh tersebut sebaiknya tidak diabaikan lagi karena pada metode aktivasi, kesalahan pengukuran yang muncul pada saat iradiasi dan pencacahan telah cukup besar (>4%).

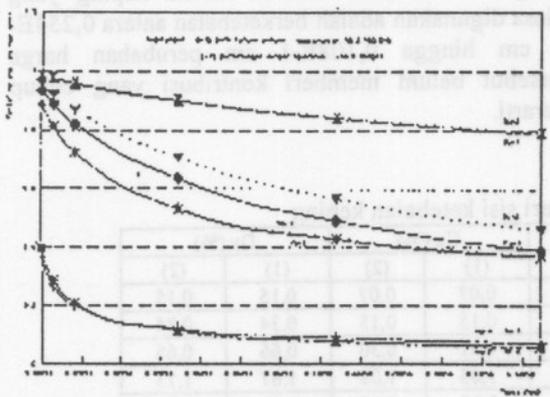
Untuk spektrum yang berbeda menghasilkan harga yang berbeda pula. Namun karena keping yang biasa digunakan adalah berketebalan antara 0,254E-2 cm hingga 0,108E-1 cm perubahan harga tersebut belum memberi kontribusi yang cukup berarti.

daerah epitermal lebih besar dari pada yang ada di RS-2 RSG-GAS. Terlihat pada gambar, bahwa untuk keping Cu dan Co besarnya faktor koreksi perisai diri hampir tidak berubah untuk kedua spektrum tersebut, baik pada daerah termal maupun epitermal. Keping Au dan In pada daerah epitermal hampir tidak berubah sedangkan pada daerah termal

tampak sekali perbedaan harga faktor koreksi perisai diri untuk kedua spektrum tersebut. Sebaliknya Dy pada daerah termal hampir tidak berubah sedangkan pada daerah epitermal tampak perbedaan harga faktor perisai diri untuk kedua spektrum tersebut. Fenomena tersebut terjadi karena selain ada variasi spektrum rapat fluks neutron juga karena ada variasi bentuk tampang lintang reaksi aktivasi dari masing-masing keping tersebut pada setiap kelompok energi yang ada.



Gambar 2a. Faktor koreksi perisai diri daerah termal dari beberapa jenis keping terhadap ketebalan keping



Gambar 2b. Faktor koreksi perisai diri daerah epitermal dari beberapa jenis keping terhadap ketebalan keping

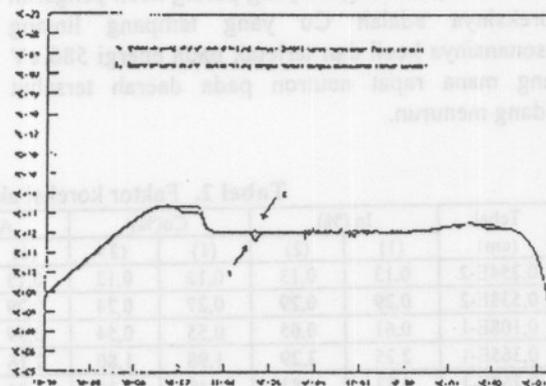
Pengaruh diabaikannya gabungan kedua koreksi tersebut yaitu perisai diri dan aktivasi dari sisi ketebalan keping terhadap hasil pengukuran fluks neutron yang dalam hal ini pada fasilitas iradiasi RS-2, RS-3 ada pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh pengabaian faktor koreksi perisai diri dan koreksi aktivasi pada sisi ketebalan keping terhadap pengukuran fluks pada RS-2 RSG-GAS.

Nama Keping	Au	In	Co	Cu	Dy
P <sub>th</sub>	-4%	-6%	-2%	-0,3%	-25%
P <sub>epi</sub>	-63%	-60%	-11,3%	-1,3%	-6,2%

Dapat dilihat pada Tabel 3. tersebut bahwa penggunaan keping Dy dengan tebal 0,00254 cm dan pengabaian kedua faktor koreksi tersebut memberikan pengaruh yang cukup besar pada hasil pengukuran fluks neutron termal yaitu sebesar -25%. Sedangkan penggunaan Au, In dan Co dengan ketebalan yang sama memberikan pengaruh kurang dari -6%. Untuk pengukuran fluks neutron epitermal penggunaan keping In dan Au, pengaruh pengabaian faktor koreksi tersebut mencapai sekitar -60%. Untuk keping Co dan Dy pengaruh tersebut besarnya sekitar -12% dan -6%. Penggunaan keping Cu baik dalam pengukuran fluks termal dan epitermal pengabaian koreksi-koreksi tersebut hanya memberikan pengaruh kurang dari -2% saja.

Pengaruh diabaikannya faktor-faktor koreksi pada metoda aktivasi keping didalam pengukuran dan perhitungan spektrum neutron dapat dilihat pada Gb. 3.



Gambar 3. Spektrum RS-2 RSG-GAS tanpa dan dengan memasukkan koreksi aktivasi keping.

Keping yang digunakan untuk daerah termal adalah Co dan Mn yang diiradiasi tanpa penutup cadmium. Sedangkan untuk daerah epitermal digunakan keping Au, Sc, Mn dan Co yang diiradiasi dengan penutup cadmium. Terlihat pada gambar bahwa spektrum tanpa koreksi mempunyai rapat fluks neutron sedikit lebih kecil pada daerah termal

kecuali pada energi 0,1 ~ 0,5 ev. Sedangkan di daerah epitermal ada banyak cekungan pada spektrum tanpa koreksi. Cekungan tersebut ada di energi resonansi dari Au (4,9 ev), Co (132 ev), Mn (337 ev) dan Sc (5000 ev). Yang tampak jelas adalah pada energi resonansi Au, karena tampang lintang resonansi Au cukup besar yaitu 1565 barn. Pada pengukuran dan perhitungan spektrum data-data aktivitas keping saling berkait sehingga pengabaian faktor-faktor koreksi tersebut akan menyebabkan berubahnya harga rapat fluks neutron di sepanjang daerah energi neutron.

## KESIMPULAN

1. Harga dan kecenderungan dari besarnya faktor-faktor koreksi tersebut berbeda untuk masing-masing jenis keping karena adanya variasi tampang lintang dan bentuk spektrum neutron. Semakin tebal keping dan semakin besar tampang lintang serapan keping semakin besar pula pengaruh yang disebabkan oleh faktor koreksi keping aktivasi.
2. Keping yang mempunyai koreksi keping aktivasi yang paling kecil adalah Cu. Sedangkan keping yang mempunyai koreksi keping aktivasi yang besar pada daerah termal adalah Dy sedangkan daerah epitermal adalah Au, In dan Co.
3. Untuk keping-keping Au, In, Co dan Dy berjari-jari 0,637 cm dengan ketebalan 0,762E-1 cm pengaruh aktivasi yang terjadi pada sisi ketebalan keping besarnya >4%, dengan demikian pengaruh tersebut sebaiknya tidak diabaikan lagi.
4. Harga faktor perisai diri termal dari Au dan In serta harga faktor perisai diri epitermal dari Dy, rentan terhadap perubahan bentuk spektrum. Sedangkan harga faktor perisai diri dari Cu dan Co cukup stabil terhadap perubahan bentuk spektrum.
5. Dampak diabaikannya faktor koreksi tersebut pada pengukuran fluks termal maupun epitermal untuk keping Cu berketebalan 0,00254 cm hanya kurang dari -2%. Sedangkan untuk keping lainnya pengabaian faktor koreksi tersebut akan memberikan hasil pengukuran fluks dan spektrum neutron yang kurang tepat.
6. Pengaruh pengabaian faktor koreksi terhadap pengukuran spektrum neutron menyebabkan berubahnya harga rapat fluks neutron disepanjang daerah energi neutron.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada pihak BKI-PRSG dan Sdr. Jaka Iman yang telah membantu penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ita Budi R. dan Amir H., "Program Perhitungan Faktor Perisai Diri Keping Aktivasi Neutron", Prosiding Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir IV, Jakarta, 2 dan 3 Pebruari 1994.
2. Ita Budi R., Amir H. dan Surian P., "Program Perhitungan Koreksi Aktivitas pada Tepi Keping dalam Metoda Aktivasi Keping", disampaikan pada Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir VI, PPI-BATAN, Jakarta, 16-17 Januari 1996.
3. K.H. Beckurts dan K. Wirtz, "Neutron Physics", Springer-verlag New York, 1964.
4. Nakazawa, M., Sandwich Foil Methode, Tokyo University, Diktat (1991).

## TANYA JAWAB

### Syarip

- Berapa besarnya nisbah cadmium (Cadmium Ratio) dari fasilitas iradiasi yang digunakan ?
- Apakah harga fluks termal terukur dengan terhitung (melalui SAND II) bersesuaian? (Berapa % perbedaannya)

### Ita Budi

- *Besarnya nisbah Cadmium tergantung pada jenis keping dan ketebalan yang digunakan. Untuk fasilitas iradiasi RS-2 RSG GAS, dengan menggunakan keping Au berketebalan 0,00254 cm telah didapat ld ratio sebesar  $\pm 7$ .*
- *Harga fluks termal pernah diukur dan dihitung dengan SAND II. Besarnya perbedaan antara fluks termal yang diukur dengan keping Au dengan fluks termal yang diperoleh dengan mengintegrasikan spektrum neutron dari SAND II pada daerah termal, adalah dibawah 5%.*

### Bambang Sumarsono

- Bagaimana metoda penentuan cross-section material dan diperoleh dari mana dari analisis spektrum neutron.

- Apakah faktor depresi fluks neutron diperhitungkan mohon penjelasan.
- Apakah kemungkinan ada faktor dari pengotor keping / foil yang digunakan ? mohon penjelasan.

**Ita Budi**

- Cross-section material diambil dari Library yang ada di program SAND II yang bernama DOSCROSS-84.

- Perhitungan faktor koreksi perisai diri, kami ambil dari buku *Physiec Neutron*, karangan Beckurtz, yang mana perhitungan tersebut sudah termasuk faktor depresi fluks neutron.
- Kemungkinan dari faktor pengotor keping kecil sekali. Karena menggunakan keping dengan kemurnian yang tinggi dan dalam pengukuran, alat-alat yang digunakan dibersihkan terlebih dahulu.

**TANYA JAWAB**

2yurip  
- Berapa besarnya nilai cadmium (Cadmium Ratio) dan fasilitas terdapat yang digunakan ?  
- Apakah harga fluks termal terukur dengan terhitung (melalui SAND II) memuaskan? (Berapa % perbedaannya)

**Ita Budi**

- Bagaimana nilai Cadmium terukur pada jenis keping dan katoda yang digunakan. Untuk fasilitas terdapat RS-1 RSC GAS dengan menggunakan keping Au berketebalan 0.00234 cm telah didapat 14 ratio sebesar 1.7.  
- Harga fluks termal perisai diri dan dihitung dengan SAND II dengan perbedaan antara fluks termal yang diukur dengan keping Au dengan fluks termal yang diperoleh dengan menggunakan spektrum neutron dari SAND II pada energi termal adalah sebesar 23%.

**Bambang Suroso**

- Bagaimana metode pemecahan cross-section material dan diperoleh dari mana data analisis spektrum neutron.

**KESIMPULAN**

1. Harga dan koefisien faktor koreksi terukur untuk masing-masing jenis keping katoda dengan variasi panjang lintang dan bentuk spektrum neutron. Semakin tebal keping Au semakin besar pengaruh lintang spektrum keping katoda pada pengaruh yang disebabkan oleh faktor koreksi keping katoda.
2. Keping yang mempunyai koreksi keping katoda yang paling kecil adalah Cu. Sedangkan keping yang mempunyai koreksi keping katoda yang besar pada daerah termal adalah Dy sedangkan daerah epitermal adalah Au-10 dan Co.
3. Untuk keping-keping Au, in. Co dan Dy dengan panjang keping-keping Au, in. Co dan Dy dengan panjang keping katoda 0.00234 cm dan 0.00234 cm dengan ketebalan 0.00234 cm dan 0.00234 cm dengan ketebalan keping katoda >1% dengan demikian pengaruh tersebut sebaiknya tidak dibedakan lagi.
4. Harga faktor perisai diri termal dari Au dan in. Co serta harga faktor perisai diri epitermal dari Dy, serta terhadap perbedaan bentuk spektrum termal terhadap perbedaan bentuk spektrum. Sedangkan harga faktor perisai diri dari Cu dan Co cukup stabil terhadap perbedaan bentuk spektrum.
5. Dapat dibedakan faktor koreksi terukur pada pengukuran fluks termal maupun epitermal untuk keping Cu berketebalan 0.00234 cm hanya kurang dari 1%. Sedangkan untuk keping katoda dengan keping katoda terukur akan memberikan hasil pengukuran fluks dan spektrum neutron yang kurang tepat.
6. Pengaruh pemecahan faktor koreksi terhadap pengukuran spektrum neutron mempengaruhi perhitungan harga termal fluks neutron disebabkan karena energi neutron.