

## PERHITUNGAN KONSTANTA PELURUHAN NEUTRON SEREMPAK TERAS RSG-GAS BERBAHAN BAKAR SILISIDA \*)

Tukiran Surbakti

### ABSTRAK

**PERHITUNGAN KONSTANTA PELURUHAN NEUTRON SEREMPAK TERAS RSG-GAS BERBAHAN BAKAR SILISIDA.** Reaktor RSG-GAS rencananya akan mengganti bahan bakarnya dari uranium oksida ke uranium silisida, sehingga perlu untuk dianalisis konstanta peluruhan neutron serempaknya. Parameter ini merupakan salah satu faktor penting dalam perhitungan transien yang berhubungan erat dengan keselamatan operasi reaktor. Teras reaktor RSG-GAS bahan bakar silisida, tipe pelat dengan muatan 300 gr dan densitas 3,55 gr/cm<sup>3</sup> diharapkan dapat beroperasi 32,5 hari pada daya nominal. Perhitungan fraksi neutron kasip ( $\beta$ ), waktu generasi neutron rerata ( $\Lambda$ ) dan usia neutron serempak ( $l$ ) dilakukan dengan menggunakan paket program WIMSD/4 dan Batan-2DIFF. Model yang digunakan adalah multi slap 1-D dengan sel satuan terdiri dari meat, cladding, moderator dan extra region. Program WIMSD/4 digunakan untuk memperoleh tampang lintang makroskopik 4 kelompok energi neutron. Sedangkan program Batan-2DIFF dalam geometri X-Y digunakan untuk menghitung parameter kinetik. Hasil perhitungan diperoleh nilai  $\beta$ ,  $l$ ,  $\Lambda$  masing masing adalah 7,243E-03, 63,58 E-06 dtk., 59,95E-06 dtk, sehingga konstanta peluruhan neutron serempaknya adalah 113,9 dtk<sup>-1</sup>. Perhitungan ini jika dibandingkan dengan konstanta peluruhan neutron serempak teras oksida sangat sesuai yaitu 115,8 dtk<sup>-1</sup> (SAR) hanya terpaut 1,6 %. Hal ini disebabkan oleh karena derajat bakar pada teras yang dihitung berbeda namun hasil perhitungan menunjukkan bahwa pergantian bahan bakar dari oksida ke silisida tidak ada masalah jika ditinjau dari kinetiknya.

### ABSTRACT

**CALCULATION OF PROMPT NEUTRON DECAY CONSTANT OF THE RSG-GAS SILICIDE CORE.** The RSG-GAS reactor will planned to change its fuel from uranium oxide to uranium silicide. Therefore, it is important to analysis its prompt neutron decay constant, since the parameter is one of the important factors for transient calculation which close related to the reactor operation safety. The RSG-GAS silicide core, type pelate, 300 gr fuel loading and 3.55 gr/cm<sup>3</sup> fuel density is expected to be able to operate 32.5 days at nominal power. The calculation of effective delayed neutron fraction ( $\beta_{eff}$ ), average neutron generation time ( $\Lambda$ ) and average neutron life time ( $l$ ) is performed by using WIMSD/4 and Batan-2DIFF codes. The 1-D multi slab model with the unit cell consisting of meat, cladding, moderator and extra region was used as model. The WIMSD/4 code is used to obtain 4 neutron energy group macroscopic cross section. Meanwhile, Batan-2DIFF code in X-Y reactor geometry is used to calculate kinetic parameters. The results of calculation are 7.243E-03; 63.58E-06 s; 59.95E-06 s., for  $\beta, \Lambda, l$  values respectively. So that the prompt neutron decay constant is 113.9 s<sup>-1</sup>. If we compare the result of calculation to the RSG-GAS oxide core namely 115.8 s<sup>-1</sup> (SAR), it is well agree because the deviation is only 1.6 %. The deviation arises because the fuel burn-up in the core which calculated is different. According to kinetic parameter values of  $\beta, \Lambda, l$ , it is concluded that the conversion of fuel in RSG-GAS core from oxide to silicide will not pose any problem because the kinetic parameter values between them are concurring.



## PENDAHULUAN

Bahan bakar teras RSG-GAS rencananya akan diganti dari uranium oksida menjadi uranium silisida. sehingga perlu diprediksi secara akurat dengan perhitungan neutronik seluruh parameter kinetiknya. Parameter yang dihitung adalah fraksi neutron kasip total ( $\beta$ ), waktu generasi neutron rerata ( $\Lambda$ ) dan usia neutron rerata ( $l$ ). Konstanta peluruhan neutron serempak adalah perbandingan antara nilai  $\beta/l$ . Parameter ini merupakan faktor penting karena menentukan sifat kinetika teras dan nilai parameter ini sangat dibutuhkan dalam perhitungan analisis transien dan termohidrolika teras yang berhubungan erat dengan keselamatan operasi reaktor. Nilai  $\beta/l$  akan mempengaruhi sifat kinetika teras reaktor dan pengendalian reaktor karena parameter ini menyatakan kelakuan populasi neutron serempak dalam teras. Semakin kecil nilai konstanta peluruhan neutron serempak semakin susah reaktor tersebut dikendalikan.

Konversi bahan bakar dari uranium oksida ke uranium silisida dimaksudkan untuk memperpanjang siklus operasi dari 25 hari menjadi 32,5 hari operasi daya nominal. Bahan bakar silisida dapat dibakar dengan derajat bakar lebih besar dari 60 % dan juga dari segi fabrikasi mudah dilakukan. Daya hantar panas bahan bakar ini juga lebih baik dibanding bahan bakar uranium oksida. Sehingga berdasarkan pertimbangan di atas maka dilakukan perhitungan konstanta peluruhan neutron serempak untuk bahan bakar uranium silisida yang bermuatan 300 gr dan densitas 3,55 gr/cm<sup>3</sup>. Jumlah bahan bakar dan elemen kendali adalah sama dengan teras oksida yaitu masing masing 40 buah dan 8 buah.

Dalam makalah ini dibahas perhitungan konstanta peluruhan neutron serempak ( $\beta/l$ ) RSG-GAS teras silisida dengan cara perhitungan. Parameter ini sangat dibutuhkan untuk analisis transien

dan termohidrolika teras sedangkan secara eksperimen parameter ini tidak mungkin diperoleh karena terasnya belum terbentuk. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan program WIMSD/4 dan Batan-2DIFF. Kombinasi program tersebut adalah merupakan salah satu alternatif perhitungan dimana berdasarkan pengalaman dalam menghitung parameter yang sama untuk teras oksida telah dilakukan dengan hasil yang cukup baik<sup>1)</sup>. Maka dengan asumsi dan model perhitungan yang sama diharapkan perhitungan ini dapat menghasilkan nilai perhitungan yang cukup baik.

Program WIMSD/4 merupakan paket program generasi sel dengan pustaka tampang lintang 69 kelompok energi. Program ini menyelesaikan persamaan transport dengan metode perhitungan  $S_n$  yang telah sering digunakan oleh banyak peneliti baik di dalam maupun di luar negeri untuk perhitungan sel. Program Batan-2DIFF menggunakan teori difusi neutron yang diselesaikan dengan metode beda hingga (*Finite Difference Method*) untuk dua dimensi (geometri X-Y). Program ini telah diverifikasi dengan program UM2DB<sup>2)</sup>.

Tampang lintang makroskopik 56 kelompok energi diperoleh dari perhitungan sel teras reaktor RSG-GAS. Tampang lintang ini digunakan untuk menghitung kecepatan neutron tiap kelompok energi untuk setiap material teras dengan menggunakan pembobotan fluks neutron tiap kelompok energi. Tampang lintang material teras RSG-GAS digenerasi dengan model "multi slab 1-D"<sup>3)</sup>. Berdasarkan kecepatan neutron tiap kelompok energi untuk setiap material dan tampang lintang makroskopik material teras, program Batan-2DIFF menghitung fraksi neutron kasip, umur rerata neutron serempak dan waktu generasi neutron.

## TEORI

Fraksi neutron kasip efektif kelompok



ke- $k$  dihitung dengan persamaan di bawah ini<sup>4)</sup>:

$$\beta_k = \frac{1}{F} \int \sum_{g=1}^G \phi_g^*(r) \chi_{dkg} \sum_{g'=1}^G v_{dkg'} \Sigma_{fg'}(r) \phi_{g'}(r) dV \quad (1)$$

dengan

$$F = \int \sum_{g=1}^G \phi_g^*(r) \chi_g \sum_{g'=1}^G v \Sigma_{fg'}(r) \phi_{g'}(r) dV \quad (2)$$

= fluks neutron *regular (forward)* dalam kelompok  $g$ .

\* = fluks neutron *adjoint* dalam kelompok  $g$ .

$\tau_{g}$  = tampang lintang fisi makroskopik kelompok  $g$ .

$\nu_{d,k,g}$  = jumlah rerata neutron per fisi kelompok *precursor* ke- $k$ , kelompok energi  $g$ .

$\chi_{d,k,g}$  = spektrum neutron kasip kelompok *precursor* ke- $k$ , kelompok energi  $g$ .

Waktu generasi neutron efektif dihitung dengan persamaan di bawah ini<sup>5)</sup>:

$$\Lambda = \frac{1}{F} \int \sum_{g=1}^G \phi_g^*(r) \begin{pmatrix} l \\ - \\ \nu_g \end{pmatrix} \phi_g(r) dV \quad (3)$$

sedangkan umur rerata neutron serentak diperoleh dari perkalian waktu generasi neutron efektif dengan faktor perlipatan efektif :

$$l = \Lambda \cdot k_{eff} \quad (4)$$

Kecepatan neutron dari *fine groups* dihitung dari rentang energi 56 kelompok dan

memenuhi hubungan :

$$v_g = \sqrt{2 \frac{E}{m}} \quad (5)$$

dengan  $v_g$  adalah *fine group velocities* (cm/sec),  $E$  adalah energi rerata (eV) pada titik tengah rentang letargi dan  $m$  adalah massa neutron (g). Karena  $1 \text{ eV} = 1.6021892 \times 10^{-12} \text{ erg}$  atau  $1.6021892 \times 10^{-12} \text{ g cm}^2/\text{sec}^2/\text{eV}$ , maka

$$v_g = 1.3831536 \times 10^6 \sqrt{E} \quad (6)$$

dengan  $E = \sqrt{(E_{i+1})(E_i)}$ . Besaran  $E_{i+1}$  dan  $E_i$  dalam satuan eV dan adalah energi pada batas-batas dari interval 56 kelompok.

Kecepatan neutron dari *broad groups* dihitung dalam sebuah program komputer yang dibuat dengan pembobotan fluks menggunakan fluks neutron dan kecepatan dari *fine groups*.

## LANGKAH PERHITUNGAN

Perhitungan dilakukan pada teras setimbang daya nominal 30 MWt dan xenon setimbang. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

### Perhitungan Sel dengan Paket program WIMSD/4<sup>6)</sup>

Program WIMSD/4 hanya mampu melakukan perhitungan transport neutron satu dimensi, sehingga perlu dilakukan pemodelan terhadap sel-sel teras. Pemodelan sel digunakan untuk perhitungan pembangkitan konstanta kelompok. Pembangkitan konstanta kelompok dimaksudkan untuk mendapatkan harga rerata konstanta kelompok dalam suatu sel dengan cara menghomogenkan sel tersebut. Perhitungan konstanta kelompok dilakukan untuk semua material penyusun teras dalam kondisi seperti di atas.

#### a. Bahan Bakar

Model perhitungan untuk bahan bakar adalah multi slab. Pada pemodelan ini satu elemen bahan bakar yang terdiri dari 21 pelat elemen bakar dibuat menjadi 21 slab material yang tersusun berurut. Setiap slab terdiri dari meat, kelongsong dan moderator dengan tebal masing-masing: 0,027 cm; 0,038 cm; dan 0,1925 cm. Slab ini mempunyai panjang sesuai dengan panjang material aktip. Material lain yang di luar panjang aktip dihomogenisasi dan dinormalisir terhadap panjang aktip dan dinamakan "extra



region". Pada elemen bahan bakar extra region terdiri dari bahan AlMg<sub>2</sub> dan air, sedangkan "meat" terdiri dari U-235 dan U-238, kelongsong terdiri dari AlMg<sub>2</sub> dan moderator terdiri dari H<sub>2</sub>O. Pemodelan bahan bakar dapat dilihat pada Gambar 1.

### b. Elemen Kendali

Model perhitungan untuk bahan kendali dibagi dalam dua region. Region pertama merupakan daerah aktif yang terdiri dari 15 pelat elemen bakar dibuat menjadi 15 slab material yang tersusun berurutan. Pemodelannya sama dengan bahan bakar, hanya berbeda pada daerah extra regionnya. Region kedua adalah region penyerap. Region ini dibagi dalam 9 slab dan 1 extra region. Posisi batang kendali pada daerah penyerap neutron berisi AgInCd dan SS-321. Untuk mendapatkan penampang lintang makroskopik pada region ini maka dalam perhitungan region ini digabung dengan region pertama. Selanjutnya dilakukan homogenisasi hanya pada region penyerap saja (9 slab + 1 extra region). Pemodelan elemen kendali dapat dilihat pada Gambar 2 dan pemodelan absorber pada Gambar 3.

### c. Bahan non-fisi.

Karena bahan non-fisi bukan merupakan penghasil neutron (bahan aktif) seperti uranium sedangkan program WIMSD/4 berisi persamaan transport dimana harus ada neutron sebagai pemicu reaksi fisi maka bahan non-fisi dimodelkan sama seperti bahan fisi. Pada slab aktif akan diberi sedikit kandungan U-235, kemudian dilakukan homogenisasi di semua daerah.

## HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Pembagian kelompok energi neutron dalam perhitungan sel dapat dilihat pada Tabel 1, dan konstanta neutron kasip

dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil perhitungan neutron kasip dari kelompok ke 1 - 6 dapat dilihat pada Tabel 3. Fraksi neutron kasip total (efektif), umur generasi neutron, umur rerata neutron serempak masing-masing diperoleh adalah  $\beta = 7,243E-03$ ;  $\Lambda = 59,95E-06$  detik; dan  $l = 63,58E-06$  detik. Sehingga konstanta peluruhan neutron serempaknya adalah  $\beta/l = 113,9$  /detik. Menurut perhitungan Interatom harga konstanta peluruhan neutron serempak teras oksida adalah 115,8 /detik sedangkan menurut perhitungan Batan-2DIFF teras oksida adalah 124,6 /detik sehingga jika dibandingkan hasil perhitungan ini cukup baik. Secara teoritis nilai  $\beta_{eff}$  seharusnya terletak pada harga  $\beta_{eff} = \gamma\beta$ , dimana  $\gamma$  adalah konstanta dengan nilai 1,05 - 1,25 sedangkan  $\beta$  adalah 0,0064 yang merupakan nilai fraksi neutron kasip U<sub>235</sub> murni<sup>7,8)</sup>. Nilai  $\beta_{eff}$  yang dihitung ada dalam rentang nilai di atas sedangkan nilai  $l$  dan  $\Lambda$  merupakan nilai reaktor termal yaitu dalam order  $10^{-4}$ . Nilai-nilai yang diperoleh sangat ditentukan oleh keadaan material teras termasuk derajat bakar dari bahan bakar. Semakin besar nilai fraksi neutron kasip total  $\beta_{eff}$  maka semakin mudah reaktor tersebut dikendalikan. Jika dibandingkan nilai  $\beta_{eff}$  antara teras berbahan bakar oksida dan silisida maka nilai fraksi neutron kasip totalnya semakin kecil sedangkan nilai  $l$  dan  $\Lambda$  semakin besar (lihat Tabel 4) sehingga nilai konstanta peluruhan neutron serempak semakin kecil yaitu 113,9 /detik. Hal ini menyatakan bahwa teras silisida lebih sulit dikendalikan dari teras oksida oleh

karena kelakuan populasi neutron serempaknya dalam teras semakin kecil namun nilai ini masih ada dalam batas dimana reaktor bisa dikendalikan oleh sistem kendali. Dapat disimpulkan bahwa perhitungan ini cukup akurat dan datanya dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya yaitu transien dan termohidrolika teras.



## KESIMPULAN

Perhitungan konstanta peluruhan neutron serempak teras RSG-GAS berbahan bakar silisida dengan menggunakan program WIMSD/4 dan Batan-2DIFF menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh cukup baik yaitu 113,9/detik dan bersesuaian dengan teras oksida. Metode yang digunakan juga cukup akurat yang dapat dibuktikan dengan hasil yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan teras oksida. Adanya perbedaan nilai konstanta peluruhan

neutron serempak teras silisida dan oksida adalah wajar yang didasarkan atas sifat konstanta mikroskopiknya dan derajat bakarnya yang berbeda.

Hasil perhitungan konstanta peluruhan neutron serempak teras silisida 113,9 /detik sedangkan teras oksida 124,6 /detik. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian reaktor teras silisida lebih sulit dibandingkan teras oksida karena kelakuan populasi neutron serempaknya semakin kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

1. TUKIRAN, TAGOR S, ZUHAIR, UJU J. " Penentuan Konstanta Peluruhan neutron Serempak RSG-GAS". Prosiding Seminar Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir-IV, Serpong 10-11 Desember 1996.
2. LIEM PENG HONG, " Development and Verifikation of Batan's Standard Two-Dimensional Multigrup neutron diffusion Code (Batan-2DIFF)" Atom Indonesia, Vol. 20 No. 2, Jakarta 1994.
3. LIEM PENG HONG, " Analisis Numerik, Komputasi dan Pemrograman Komputer pada Desain Neutronik Reaktor Nuklir", Diklat Kursus PLTN, Batan, 1994.
4. LIEM PENG HONG, " BATAN-2DIFF, ADJOINT-2D dan PERTURB-2D Code Input Manual", Batan, Jakarta, 1994
5. DUDERSTADT, J.J and HAMILTON, L.J, "Nuclear Reactor Analysis", John Wilay &Son, New York, 1976.
6. ROTH, M. J, MACDONGALL, J.,D.,KEMSHHELL, P, B., "The Preparation of Input Data for WIMS", AEE Winfrint, Dorcherter, 1976.
7. ASH MS., "Nucleat Reactor Kinetic" Mc. Graw-Hill-Inc, 1979.
8. KEEPIN, G.R., "Physics of Nuclear Kinetic", Addition Wesley Pub.,CO USA, 1965.

## DISKUSI

Pertanyaan (Usman Sujadi) :

Dalam perhitungan saudara mengekivalenkan fraksi elemen bakar 3 D dengan 1 D, Berapa kesalahan perhitungan saudara ? karena tentunya tidak semudah itu dalam menghitung hal-hal mikroskopik arah x,y & z jelas berbeda-beda.

Jawaban (Tukiran Surbakti) :

WIMS D/4 hanya bisa menghitung 1 D sehingga diekivalenkan bahan bakarnya menjadi 1 D, jika kita ingin menghitung kesalahannya kita membutuhkan program perhitungan sel 3 D, yang sampai saat ini belum kita miliki, tetapi program WIM D/4 sudah memasukkan faktor koreksi terhadap ekivalen tersebut.



**Pertanyaan (Dhandang Purwadi) :**

1. Untuk apa saudara menghitung  $\beta$ ,  $\Lambda$ ,  $l$ , maksudnya untuk tujuan  
Apa dan siapa yang memakai data ini.
2. Nilai Parameter tersebut diatas ternyata lebih besar dari teras oksida, apa  
pengaruh perbedaan parameter tersebut terhadap sifat-sifat reaktor, bagaimana  
kira-kira pengaruhnya pada "transfer function reactor".

**Jawaban (Tukiran Surbakti) :**

1. Tujuannya berapa besar harga-harga tersebut terjadi perubahan  
terhadap  $\beta$  eff teras oksida apakah harga tersebut masih ada dalam range  $\beta$   
 $eff = \gamma\beta$  ternyata harga ada pada range tersebut. Data-data ini di gunakan oleh  
Kelompok/termohidrolika untuk menghitung teras transiennya untuk  
keselamatan dan hal ini sudah digunakan.
2. Saya koreksi pertanyaan bapak, bukan semakin besar tetapi semakin kecil. Jika  
harga  $l$  nya semakin kecil maka semakin susah mengendalikan reaktor demikian  
juga dengan harga  $\beta$  eff nya sehingga bisa disimpulkan dari segi pengendalian  
terasnya semakin susah pada teras silisida.

## DISKUSI

## Pertanyaan (Lisman Sulisti) :

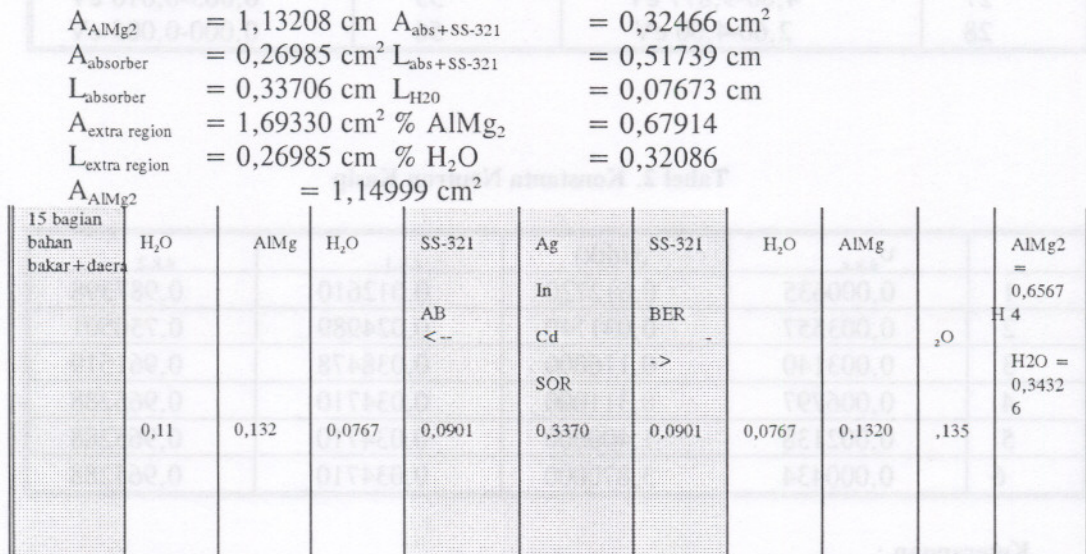
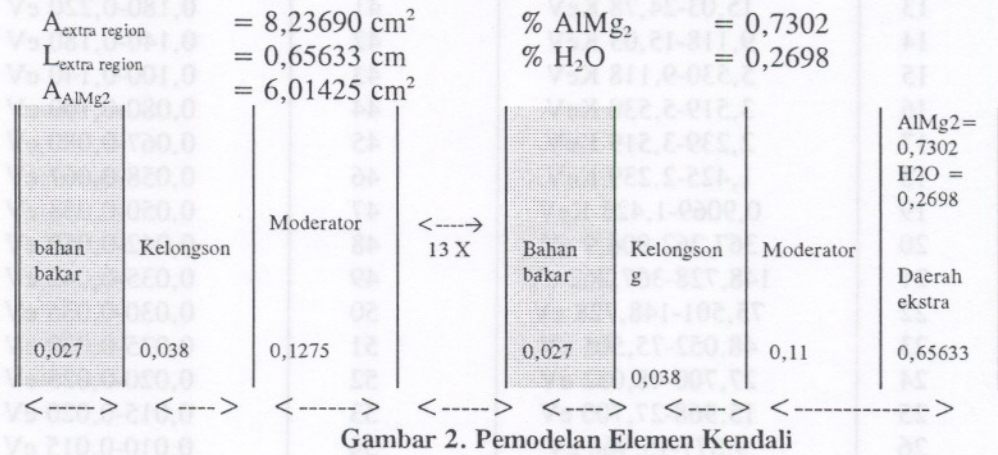
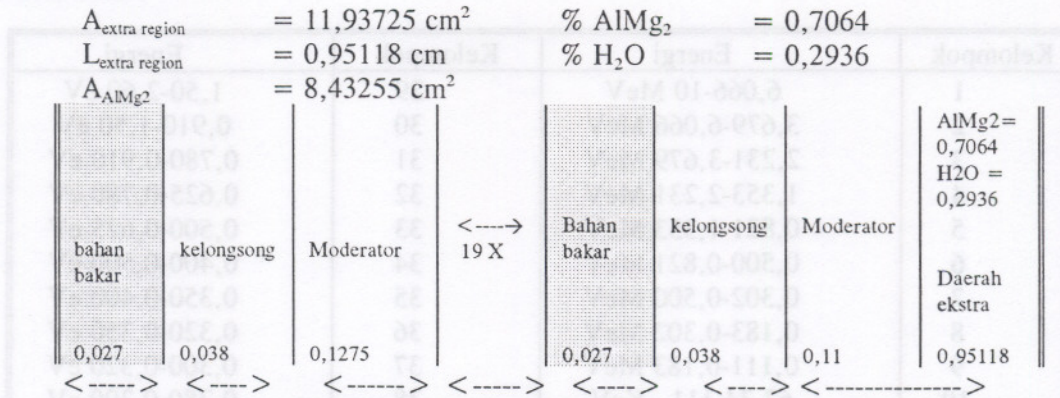
Dalam perhitungan saudara menggunakan harga elemen bakar 3 D dengan 1 D.  
Berapa kesalahan perhitungan saudara ? karena ternyata tidak semudah ini dalam  
menghitung hal-hal mikroskopis atas x, y & z jika berbeda-beda

## Jawaban (Tukiran Surbakti) :

WIMS DW hanya bisa menghitung 1 D sehingga dikalibrasikan bahan bakarnya menjadi  
1 D. Jika kita ingin menghitung kesalahan nya kita membutuhkan program perhitungan  
sel 3 D, yang sampai saat ini belum kita miliki, tetapi program WIM DW sudah  
memasukkan faktor koreksi terhadap elemen tersebut



LAMPIRAN





Tabel 1. Kelompok Energi dalam Perhitungan Sel

Kelompok	Energi	Kelompok	Energi
1	6,066-10 MeV	29	1,50-2,60 eV
2	3,679-6,066 MeV	30	0,910-1,50 eV
3	2,231-3,679 MeV	31	0,780-0,910 eV
4	1,353-2,231 MeV	32	0,625-0,780 eV
5	0,821-1,353 MeV	33	0,500-0,625 eV
6	0,500-0,821 MeV	34	0,400-0,500 eV
7	0,302-0,500 MeV	35	0,350-0,400 eV
8	0,183-0,302 MeV	36	0,320-0,350 eV
9	0,111-0,183 MeV	37	0,300-0,320 eV
10	67,34-111 KeV	38	0,280-0,300 eV
11	40,85-67,34 KeV	39	0,250-0,280 eV
12	24,78-40,85 KeV	40	0,220-0,250 eV
13	15,03-24,78 KeV	41	0,180-0,220 eV
14	9,118-15,03 KeV	42	0,140-0,180 eV
15	5,530-9,118 KeV	43	0,100-0,140 eV
16	3,519-5,530 KeV	44	0,080-0,100 eV
17	2,239-3,519 KeV	45	0,067-0,080 eV
18	1,425-2,239 KeV	46	0,058-0,067 eV
19	0,9069-1,425 KeV	47	0,050-0,058 eV
20	367,262-906,9 eV	48	0,042-0,050 eV
21	148,728-367,262 eV	49	0,035-0,042 eV
22	75,501-148,728 eV	50	0,030-0,035 eV
23	48,052-75,501 eV	51	0,025-0,030 eV
24	27,700-48,052 eV	52	0,020-0,025 eV
25	15,968-27,700 eV	53	0,015-0,020 eV
26	9,877-15,968 eV	54	0,010-0,015 eV
27	4,00-9,877 eV	55	0,005-0,010 eV
28	2,60-4,00 eV	56	0,000-0,005 eV

Tabel 2. Konstanta Neutron Kasip

	$\nu_{d,k,g}$	$\lambda_k/(dtk)$	$d_{k,1}$	$d_{k,2}$
1	0,000635	0,012720	0,012610	0,987398
2	0,003557	0,031740	0,024989	0,750501
3	0,003140	0,116000	0,038478	0,961519
4	0,006797	0,311000	0,034710	0,965288
5	0,002138	1,400000	0,034710	0,965288
6	0,000434	3,870000	0,034710	0,965288

Keterangan :

 $\nu_{d,k,g}$  = Jumlah rerata neutron per fisi kelompok *precursor* ke-k, kelompok energi g. $\lambda_k$  = Konstanta peluruhan neutron kasip kelompok *precursor* ke-k. $\chi_{d,k,1}$  = Spektrum neutron kasip kelompok *precursor* ke-k, kelompok energi ke-1 $\chi_{d,k,2}$  = Spektrum neutron kasip kelompok *precursor* ke-k, kelompok energi ke-2.



Tabel 3. Fraksi Neutron Kasip Hasil Perhitungan

$\beta$	Teras-RSG-GAS
1	2,77188E-04
2	1.51522E-03
3	1.36762E-03
4	2,96192E-03
5	9.78290E-04
6	1.89214E-04
Total	7.24269E-03

$l = 6,35816E-05$  detik  
 $= 5,99532E-05$  detik

Tabel 4. Hasil perhitungan konstanta peluruhan neutron serempak teras RSG-GAS.

Parameter	SAR	Teras oksida RSG-GAS	Teras Silisida RSG-GAS
$\beta$	7,10E-03	7,395E-03	7,243E-03
$l(\text{dtk})$	61,3E-06	59,339E-06	63,58E-06
$\Lambda(\text{dtk})$	54,5E-06	55,49E-06	59,95E-06
$l/\Lambda(\text{dtk})$	115,8	124,6	113,9