

PENENTUAN BAHAN PENYERAP ALTERNATIF TERAS SILISIDA REAKTOR RSG-GAS

Iman Kuntoro, Tagor Malem Sembiring

ABSTRAK

PENENTUAN BAHAN PENYERAP ALTERNATIF TERAS SILISIDA REAKTOR RSG-GAS. Penentuan bahan penyerap alternatif untuk teras reaktor RSG-GAS dengan bahan bakar silisida $3,55 \text{ gr U/cm}^3$ telah dilakukan untuk meningkatkan margin reaktivitas padam teras sehingga sama dengan desain awal. Penggunaan penyerap AgInCd di teras silisida menghasilkan margin reaktivitas padam sebesar $-1,03 \text{ \%}\Delta k/k$ yang lebih kecil daripada desain awal teras oksida sebesar $-2,2 \text{ \%}\Delta k/k$. Oleh karena itu perlu dicari bahan penyerap alternatif sehingga tidak perlu dilakukan penambahan jumlah batang kendali. Bahan penyerap yang dipilih adalah yang lazim digunakan di reaktor riset jenis MTR seperti Hf, Cd dan B_4C . Perhitungan parameter teras dilakukan dengan kombinasi program komputer WIMS/D-4 dan Batan-2DIFF. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penyerap B_4C merupakan pilihan terbaik sebagai bahan penyerap alternatif pengganti AgInCd karena margin reaktivitas padam teras silisida menjadi $-2,54 \text{ \%}\Delta k/k$ yang nilainya lebih besar daripada desain awal teras oksida.

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF THE ALTERNATIVE ABSORBER FOR SILICIDE CORE OF RSG-GAS REACTOR. The determination of the alternative absorber for the core of RSG-GAS using silicide fuel of 3.55 g U/cm^3 have been carried out to increase the shutdown margin in order to be same as the original design one. The usage of AgInCd absorber in the silicide core gives the shutdown margin of $-1.03 \text{ \%}\Delta k/k$, which is lower than the original design of oxide core of $-2.2 \text{ \%}\Delta k/k$. Therefore, we have to determine an alternative absorber without adding the number of the absorber. The candidates are selected from the commonly used absorbers in MTR type research reactor such as Hf, Cd and B_4C . The core parameters were calculated using the combination of WIMS/D-4 and Batan-2DIFF codes. For the silicide core, the calculated result shows that the B_4C absorber is the best choice as an alternative absorber to substitute the existing absorber of AgInCd since the shutdown margin of the silicide core become $-2.54 \text{ \%}\Delta k/k$ which is higher than the original design of the oxide core one.

PENDAHULUAN

Beberapa bahan bakar silisida (U_3Si_2 -Al) dengan kerapatan $2,96 \text{ gU/cm}^3$ telah dimasukkan ke dalam teras reaktor RSG-GAS sebagai bagian dari program konversi teras dari bahan bakar oksida (U_3O_8 -Al) ke bahan bakar silisida. Berdasarkan hasil penelitian Liem *et al.* [1], kerapatan silisida yang optimal untuk teras reaktor RSG-GAS adalah $3,55 \text{ gU/cm}^3$, dengan tanpa mengubah konfigurasi teras.

Akan tetapi, penggunaan bahan bakar silisida berkerapatan $3,55 \text{ gU/cm}^3$ tersebut akan mengakibatkan margin reaktivitas padam teras berkurang ($-1,03 \text{ \%}\Delta k/k$) dari nilai desain awal ($-2,2 \text{ \%}\Delta k/k$). Penurunan ini diakibatkan oleh muatan uranium yang lebih besar dan spektrum

neutron yang lebih keras (*harder*) dibandingkan dengan spektrum teras oksida.

Upaya untuk menaikkan margin reaktivitas padam telah dilakukan dengan cara menambah batang kendali, berupa 2 buah batang kendali pengaman [2]. Penggunaan batang kendali pengaman ini dapat menaikkan margin reaktivitas padam teras menjadi $-3,6 \text{ \%}\Delta k/k$. Akan tetapi penggunaan batang kendali pengaman memerlukan tambahan dalam sistem kendali teras. Cara lain untuk menaikkan margin reaktivitas padam dapat dilakukan dengan mencari bahan penyerap alternatif pengganti bahan penyerap AgInCd yang dipakai saat ini, tanpa penambahan batang kendali pengaman.

Penentuan bahan penyerap alternatif pengganti AgInCd dilakukan untuk bahan penyerap yang lazim digunakan di reaktor jenis

MTR yaitu Hf, Cd dan B₄C. Tujuan penelitian ini adalah mencari bahan penyerap alternatif untuk teras silisida sehingga margin reaktivitas padam teras dapat dinaikkan sehingga minimal nilainya sama dengan desain awal. Dalam penelitian ini, geometri dan dimensi bahan penyerap dipertahankan sama dengan yang dipakai saat ini. Perhitungan dilakukan dengan kombinasi program komputer WIMS/D-4 dan Batan-2DIFF.

METODE PERHITUNGAN

Generasi Tampang Lintang

Sebelum melakukan perhitungan teras, terlebih dahulu dilakukan generasi konstanta kelompok dalam 4 kelompok tenaga neutron untuk bahan penyerap alternatif, Hf, Cd dan B₄C dengan paket program WIMS/D-4 [3].

Oleh karena perhitungan parameter margin reaktivitas padam dilakukan dengan paket program difusi neutron 2-dimensi Batan-2DIFF [4], maka penanganan penyerap kuat di daerah penyerap dilakukan dengan koefisien kehitaman untuk mengatur gradien serapan neutron [5]. Dengan demikian perhitungan difusi dapat menentukan margin reaktivitas padam dengan akurat seperti yang sudah dilakukan oleh penelitian sebelumnya [6,7].

Kemudian, dilakukan validasi perhitungan dengan Teras Reaktor Benchmark IAEA 10 MWth [8], seperti yang digambarkan dalam Gambar 1, untuk menentukan nilai batang kendali total. Perhitungan teras dilakukan dengan model geometri X-Y dengan 4 kelompok tenaga neutron. Validasi ini bertujuan untuk menguji akurasi koefisien kehitaman yang digunakan untuk bahan penyerap Hf, AgInCd dan B₄C. Setelah hasil perhitungan memuaskan, maka koefisien kehitaman yang dihasilkan selanjutnya digunakan untuk teras reaktor RSG-GAS.

Penentuan Bahan Penyerap Alternatif

Bahan penyerap alternatif untuk teras silisida ditentukan dengan melakukan perhitungan neutronik teras. Pertama adalah melakukan perhitungan margin reaktivitas padam teras RSG-GAS dengan bahan bakar oksida untuk setiap bahan penyerap alternatif, yaitu Hf, Cd dan B₄C. Margin reaktivitas padam setiap penyerap tersebut kemudian dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh AgInCd. Bahan penyerap yang menghasilkan margin reaktivitas padam yang terbesar dipilih sebagai bahan penyerap alternatif untuk teras silisida reaktor RSG-GAS.

Kemudian, langkah kedua adalah melakukan perhitungan margin reaktivitas padam teras silisida sebagai akibat dari penggunaan bahan penyerap alternatif tersebut. Perhitungan dilakukan dengan program difusi Batan-2DIFF dengan 4 kelompok tenaga neutron dengan model teras reaktor yang dinyatakan dalam Gambar 2 di dalam geometri 2-dimensi X-Y. Penentuan margin reaktivitas padam dilakukan dengan menghitung reaktivitas teras saat batang kendali yang memiliki reaktivitas terbesar berada di luar teras.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan bahwa paket program Batan-2DIFF di dalam perhitungan nilai batang kendali total memberikan hasil yang sangat baik karena perbedaan relatif dengan perhitungan Monte Carlo lebih kecil dari 0,95 % untuk seluruh jenis bahan penyerap. Hasil validasi ini menunjukkan bahwa koefisien kehitaman ini dapat dipakai dalam perhitungan margin reaktivitas padam teras reaktor RSG-GAS.

Seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2, margin reaktivitas padam teras oksida RSG-GAS dipengaruhi oleh bahan penyerap yang digunakan. Diantara 3 buah bahan penyerap alternatif yang dipilih, penyerap B₄C menghasilkan margin reaktivitas padam yang paling besar yaitu -2,49 % $\Delta k/k$ atau lebih besar 162% daripada nilai yang dihasilkan oleh penyerap AgInCd (-0,95 % $\Delta k/k$). Hal tersebut sesuai dengan koefisien kehitaman penyerap B₄C (Tabel 3), untuk seluruh kelompok tenaga, yang memiliki nilai yang paling besar dibanding dengan bahan penyerap lainnya.

Tabel 4 menunjukkan perbandingan margin reaktivitas padam bahan penyerap AgInCd dan B₄C untuk teras reaktor RSG-GAS berbahan bakar silisida dengan kerapatan 3,55 gU/cm³. Tabel ini menunjukkan bahwa dengan digunakannya B₄C sebagai bahan penyerap maka margin reaktivitas padam teras naik menjadi -2,54 % $\Delta k/k$ atau 147% lebih besar daripada nilai yang dihasilkan oleh penyerap AgInCd. Nilai ini lebih besar daripada desain awal yaitu -2,2 % $\Delta k/k$.

KESIMPULAN

Dari beberapa calon bahan penyerap yang dipilih, B₄C merupakan pilihan terbaik sebagai bahan penyerap alternatif pengganti AgInCd untuk teras RSG-GAS berbahan bakar silisida dengan kerapatan 3,55 gr U/cm³. Kesimpulan ini diambil berdasarkan pertimbangan bahwa penyerap B₄C dapat menghasilkan margin reaktivitas padam teras

silisida sebesar $-2,54 \text{ \%}\Delta k/k$, yang nilainya lebih besar daripada desain teras oksida. Dengan demikian penggantian bahan bakar dari bahan bakar oksida $2,96 \text{ gr U/cm}^3$ ke silisida $3,55 \text{ gr U/cm}^3$ dapat dilakukan dengan aman tanpa penambahan jumlah batang kendali.

DAFTAR PUSTAKA

1. LIEM, P.H. *et al.*, *Fuel Management Strategy for The New Equilibrium Silicide Core Design of RSG GAS (MPR-30)*, *Journal of Nuclear Engineering and Design* **180** (1998).
2. KUNTORO, I., SEMBIRING, T.M., ZUHAIR, Modifikasi Sistem Batang Kendali Reaktor RSG-GAS untuk Teras Dengan Bahan Bakar Silisida Densitas Tinggi, Prosiding Seminar Sains dan Teknologi Nuklir Dalam Pemberdayaan Potensi Nasional, BATAN, Bandung (2000).
3. ASKEW, J.R. *et al.*, *A General Description Of The Code WIMS*, *Journal Br. Nucl. Energy Soc.* **5** (1966).
4. LIEM, P.H., *Development and Verification of Batan's Standard Two-Dimensional Multigroup Neutron Diffusion Code (Batan-2DIFF)*, *Atom Indonesia* **20** (2) (1994).
5. BRETSCHER, M.M., *Computing Control Rod Worths in Thermal Research Reactors*, ANL/RERTR/TM-29, ANL (1997).
6. LIEM, P.H. , SEMBIRING, T.M., *Validation of Batan's Standard Neutron Diffusion Codes for Control Rod Worth Analysis*, *Atom Indonesia* **23** (2) (1997).
7. SEMBIRING, T.M., LIEM, P.H., *Validation of Batan-3DIFF Code on 3-D Model of IAEA 10 MWth Benchmark Core for Partially-Inserted Control Rods*, *Atom Indonesia* **25** (2) (1999).
8. IAEA, *Research Reactor Conversion Guide Book – Vol. 3: Analytical Verification, IEAE-TECDOC-643, Vienna, Austria* (1992).

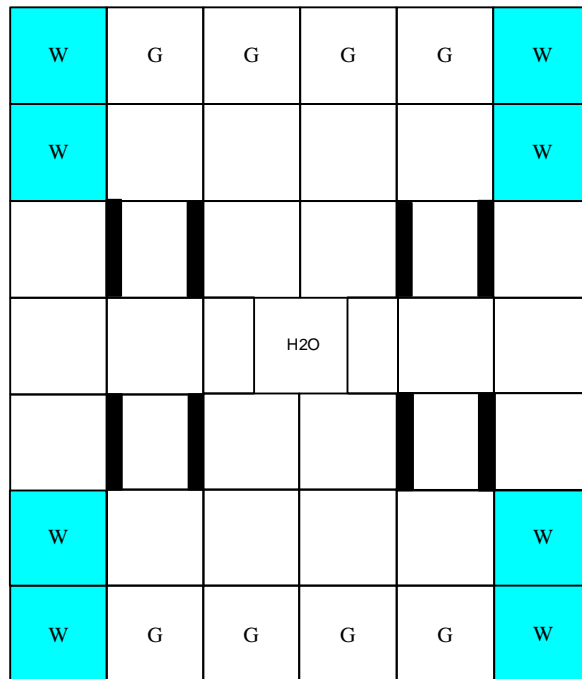
DISKUSI

Pertanyaan : (Slamet Wiranto)

Saya mendukung alternatif mengganti bahan AgInCd menjadi B4C, mengingat untuk penambahan Batang Kendali lagi akan sangat menyulitkan pelaksanaan Load/Unload elemen teras (teras terlalu penuh) B4C dari segi reaktivitas Ok, tetapi bagaimana ditinjau dari segi mekanik mengingat batang kendali penyerap harus berbentuk garpu/pipih ?

Jawaban : (Iman Kuntoro)

Secara teknis pembuatan batang kendali berbentuk garpu (pipih) dengan penyerap B4C memungkinkan penelitian dari segi mekanik, metalurgi dan teknologi proses perlu dilakukan oleh pihak yang ahli di bidang tersebut.



Keterangan:



= Grafit



= Air



= Elemen Bakar Standard

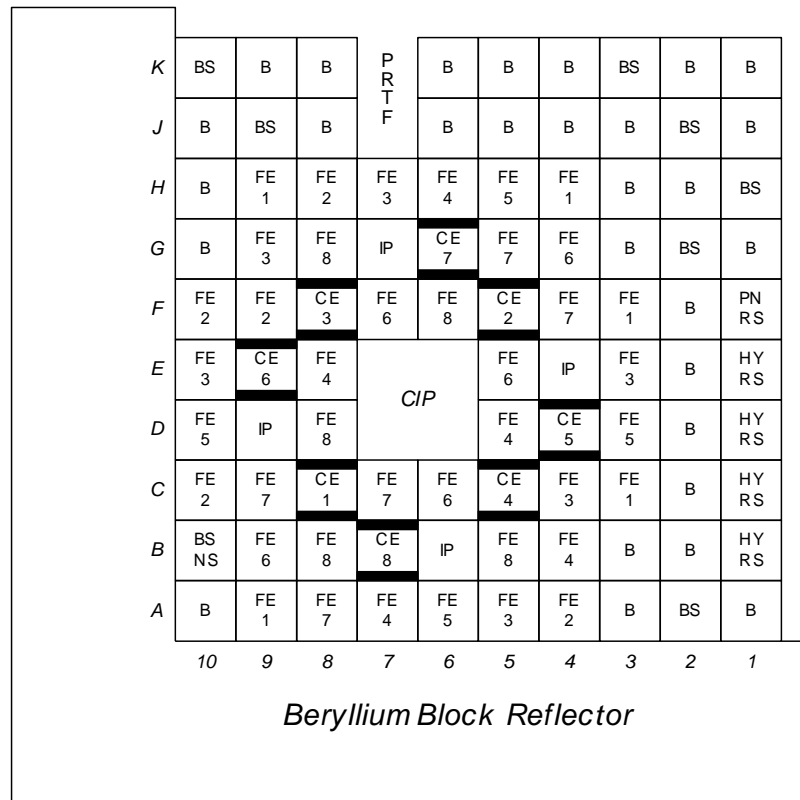


= Elemen Bakar Kendali dan batang kendali



= Air

Gambar 1. Konfigurasi Teras Reaktor *Benchmark* IAEA 10 MWth



Note : FE = Fuel Element, CE = Control Element, BE = Be Reflector Element, BS = Be Reflector Element with plug, IP = Irradiation Position, CIP = Central Irradiation Position, PNRS = Pneumatic Rabbit System, HYRS = Hydraulic Rabbit System

Gambar 2. Konfigurasi Teras Reaktor RSG-GAS

Tabel 1 Nilai batang kendali total reaktor *Benchmark* IAEA 10 MWth untuk berbagai jenis bahan penyerap

Bahan penyerap	Nilai batang kendali total, %		DIFF/MC*
	Monte Carlo	Batan-2DIFF	
Ag-In-Cd	11,24 ± 0,38	11,31	1,0062
B ₄ C	14,95 ± 0,40	14,81	0,9906
Hf	11,07 ± 0,36	11,10	1,0027

Catatan: *DIFF/MC= perbandingan hasil metode difusi dengan metode Monte Carlo

Tabel 2 Parameter teras oksida reaktor RSG-GAS sebagai fungsi bahan penyerap

Parameter, % $\Delta k/k$	AgInCd	Hf	Cd	B ₄ C
Reaktivitas lebih	9,96	9,96	9,96	9,96
Nilai total batang kendali	-13,79	-13,31	-11,27	-15,94
Marjin reaktivitas padam	-0,95 (F-8)	-0,60 (F-8)	0,90 (F-8)	-2,49 (F-8)

Tabel 3 Koefisien kehitaman batang kendali RSG-GAS untuk berbagai jenis bahan penyerap

NG	Syarat Batas Atas, eV	Hf	Cd	AgInCd	B ₄ C
1	1.0000E+07	5.1487E-04	2.1933E-04	6.0082E-04	1.4946E-03
2	8.2100E+05	3.5574E-03	1.7737E-03	4.1782E-03	8.2243E-03
3	5.5310E+03	1.1924E-01	2.6330E-02	9.3174E-02	1.9105E-01
4	6.2500E-01	2.9265E-01	4.6920E-01	4.2295E-01	4.6919E-01

Tabel 4 Perbandingan parameter teras silisida RSG-GAS untuk bahan penyerap AgInCd dan B₄C

Parameter, % $\Delta k/k$	AgInCd	B ₄ C
Reaktivitas lebih	9,24	9,24
Nilai total batang kendali	-13,05	-15,09
Marjin reaktivitas padam	-1,03 (F-8)	-2,54 (F-8)