

**ANALISIS DISTRIBUSI PANAS GAMMA TERAS RSG-GAS
BERBAHAN BAKAR SILISIDA 2,96 gU/cm³**

Setiyanto

ABSTRAK.

ANALISIS DISTRIBUSI PANAS GAMMA TERAS RSG-GAS BERBAHAN BAKAR SILISIDA 2,96 g U/cm³. Dengan akan diadakannya konversi/penggantian elemen bakar oksida dengan silisida di teras RSG-GAS, perlu adanya berbagai analisis keselamatan, termasuk diantaranya reevaluasi distribusi panas gamma teras. Untuk keperluan tersebut, telah dilakukan perhitungan dan analisis distribusi panas gamma teras berbahan bakar silisida 2,96 g U/cm³. Perhitungan dilakukan dengan kode GAMSET. Hasil perhitungan yang diperoleh menunjukkan bahwa konversi/penggantian elemen bakar oksida ke silisida dengan tingkat muat 2,96 g U/cm³ dapat menurunkan pembangkitan panas gamma di elemen bakar sebesar 1,55 %, dan sebaliknya akan menaikkan tingkat pemanasan gamma di luar elemen bakar. Namun demikian, dapat disimpulkan bahwa konversi teras tersebut tidak memberikan efek yang signifikan terhadap aspek keselamatan teras, khususnya pada fasilitas iradiasinya.

Kata kunci: Panas gamma, konversi teras

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE GAMMA HEATING DISTRIBUTION OF THE RSG-GAS CORE WITH SILICIDE 2,96 gU/cc FUEL ELEMENT. According to the conversion program of the RSG-GAS fuel elements from oxide to silicide type, some safety analysis are need to be evaluated, including the gamma heating distribution in the reactor core. For this purpose, the calculation and analysis of the gamma heating distribution in the reactor core with silicide fuel of 2,96 gU/cc was done. The calculation results by using Gamset code show that this conversion of fuel element decrease up to 1,55 % of gamma heating in the fuel element (meat), otherwise, the gamma heating in the other materials in the reactor core increase with the same value. According to the results obtained and the discussions above, it can be concluded that the safety aspect of the reactor core not affected in this conversion program.

Key words: Gamma heating, core conversion.

PENDAHULUAN

Dalam rangka meningkatkan kinerja dan efisiensi pengoperasian reaktor, serta untuk mendukung pelayanan iradiasi yang memerlukan waktu lama, bahan bakar reaktor RSG-GAS akan diganti/dikonversi dari jenis Oksida ke Silisida. Selain alasan tersebut, konversi dilakukan untuk meningkatkan faktor keselamatan reaktor, yang mana arah pengembangan dan penggunaan elemen bakar reaktor di dunia juga sudah mulai mengarah pada penggunaan bahan bakar jenis silisida tersebut. Teknologi pembuatan bahan bakar Silisida dewasa ini telah mampu membuat sampai dengan kerapatan 2,96 g U/cm³ dan dalam waktu dekat dimungkinkan mampu membuat dengan tingkat kerapatan 3,55 g U/cm³. Berkaitan dengan hal tersebut maka bahan bakar teras RSG-GAS juga akan diganti dengan jenis Silisida dengan

tingkat kerapatan 2,96 g U/cm³ dan diusahakan untuk mencapai 3,55 g U/cm³.

Untuk mendukung rencana penggantian tersebut di atas, diperlukan berbagai analisis keselamatan, termasuk diantaranya adalah keselamatan teras itu sendiri.

Analisis distribusi panas gamma teras adalah salah satu upaya yang harus dilakukan untuk melihat dan sekaligus mendapatkan data karakteristik teras yang baru, sekaligus untuk mengkaji sejauh mana efek pemakaian Silisida ini terhadap intensitas gamma dan atau pemanasan gamma baik bagi teras itu sendiri maupun bagi fasilitas iradiasi.

Jika konversi tersebut mengakibatkan perubahan kerapatan gammanya negatif, atau menurunkan kerapatan gamma di teras, maka akan menguntungkan dari sisi keselamatan material, sebab efek pemanasannya akan mengecil. Tetapi

jika sebaliknya, atau perubahan kerapatan gamma terasnya positif, maka perlu dilakukan pengkajian ulang terhadap analisis keselamatan fasilitas iradiasi yang ada.

Sebagai langkah awal, akan dihitung perbedaan pemanasan gamma (bukan fisi) yang terjadi di dalam meat elemen bakar maupun di luarnya sebagai fungsi tingkat muatan uranium di dalam elemen bakarnya.

Analisis akan dilakukan dengan melakukan perhitungan menggunakan program Gamset, dengan menggunakan teras kerja Silisida 30 MW.

TEORI

Pemanasan radiasi gamma di dalam bahan terjadi akibat adanya proses interaksi gamma-materi yang selalu mengakibatkan berkurangnya intensitas gamma yang mengenai/menembus materi tersebut. Seperti telah banyak diketahui bahwa interaksi gamma-materi selalu terjadi melalui tiga fenomena, yaitu Efek photo listrik, Efek Compton dan efek Produksi pasangan. Ketiga efek tersebut memiliki kebolehdjian terjadinya selalu tergantung pada jenis radiasi gammanya (energi), jenis bahan dan kerapatan bahan.^[1]

Secara umum dapat dimengerti bahwa bahan dengan nomor massa tinggi, atau bahan dengan kerapatan tinggi akan lebih banyak menahan atau menyerap radiasi gamma yang datang. Hal ini mengakibatkan bahwa di dalam bahan tersebut akan terbangkit panas gamma yang besar, atau sebagai akibatnya radiasi gamma di luar bahan tersebut akan memiliki intensitas gamma yang sangat menurun.

Persamaan atenuasi linier berikut dapat memberikan gambaran tentang fenomena di atas, yaitu:

$$I(E) = I_o(E) e^{-\frac{\mu(E)}{\rho} \rho x}$$

untuk perubahan intensitas gamma setelah melewati bahan setebal x dan yang memiliki koefisien absorpsi μ dan rapat massa ρ . Sedangkan fraksi gamma yang diserap dalam bahan yang sama adalah:

$$I_o(E) - I(E) = I_o (1 - e^{-\frac{\mu(E)}{\rho} \rho x})$$

Bahan bakar reaktor yang memiliki variasi tingkat muatan uranium, akan memiliki perubahan kerapatan (ρ) yang cukup berarti. Hal tersebut akan mengakibatkan adanya perbedaan interaksi antara radiasi gamma yang datang dengan bahan bakar tersebut, baik radiasi gamma dari hasil fisi dalam dirinya maupun gamma yang berasal dari tetangganya.

Terdapat dua sisi akibat dari perubahan jenis elemen bakar tersebut, yaitu efek pemanasan dalam elemen bakarnya sendiri serta perubahan kerapatan gamma di luar elemen bakar. Namun demikian yang perlu banyak mendapatkan perhatian adalah perubahan kerapatan gamma di luar elemen bakar, sebab gamma tersebutlah yang akan berinteraksi dan menjadi sumber panas dalam setiap material di dalam teras reaktor.

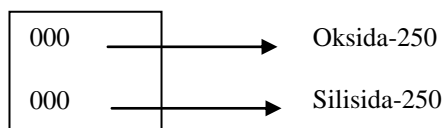
Perhitungan selanjutnya dilakukan dengan program Gamset, dimana input datanya menggunakan hasil perhitungan neutronik untuk jenis teras terkait.^[2]

DATA DAN PERHITUNGAN

Data perhitungan utama adalah perubahan distribusi fluks yang dinyatakan dalam dilai faktor puncak daya (*power peacking factor*), dan jenis kerapatan elemen bakarnya.^[3,4]

Tabel 1. Perubahan/perbandingan distribusi daya untuk elemen bakar Oksida dan Silisida.

BE	0,61	0,54	0,64	0,49	0,46	0,59	BE
	0,63	0,59	0,57	0,58	0,53	0,61	
BE	0,47	0,71	IP	0,62	0,57	0,44	BE
	0,66	0,57		0,61	0,54	0,55	
0,69	0,70	0,77	0,77	0,68	0,79	0,66	0,69
0,70	0,73	0,74	0,71	0,60	0,76	0,58	0,66
0,50	0,68	0,75	CIP	CIP	0,73	IP	0,57
0,66	0,65	0,74			0,71		0,64
0,59	IP	0,79	CIP	CIP	0,76	0,71	0,62
0,63		0,65			0,73	0,68	0,55
0,66	0,67	0,69	0,74	0,76	0,73	0,69	0,62
0,64	0,58	0,77	0,63	0,69	0,69	0,68	0,68
BE	0,46	0,67	0,69	IP	0,70	0,46	BE
	0,54	0,53	0,57		0,57	0,63	
BE	0,59	0,44	0,50	0,57	0,46	0,59	BE
	0,59	0,47	0,60	0,61	0,59	0,60	



Tabel 2.a Data elemen bakar jenis O-250 dan Si-250

Jenis elemen bakar	Komposisi atomik (atom/barn cm)				
	U-235	U-238	O-16	Si-28	Al-27
O-250 (U ₃ O ₈ -Al)	1,5002E-3	6,01895E-3	2,00507E-2	-	3,12531E-2
Si-250 (U ₃ Si ₂ -Al)	1,5002E-3	6,01895E-3	-	5,01267E-3	4,30311E-2
Si-300 (U ₃ Si ₂ -Al)	1,8003E-3	7,22274E-3	-	6,01521E-3	3,91012E-2

Tabel 2.b Data elemen bakar (lanjutan) jenis O-250 dan Si-250

jenis elemen bakar	massa uranium per elemen bakar (gram)	densitas (gram U/cm ³)
O-250	250	2,96
Si-250	250	2,96
Si-300	300	3,55

Perhitungan panas gamma dalam elemen bakar

Sebagai langkah awal dilakukan perhitungan untuk mengetahui perubahan pembangkitan panas gamma (dan neutron cepat) pada elemen bakar jenis Oksida dan Silisida dengan tingkat muat uranium yang sama (250 gram). Dalam perhitungan tersebut digunakan sampel elemen bakar (meat) yang diiradiasi di dalam teras, kemudian dihitung pembangkitan panas di dalamnya.

Langkah berikutnya akan dilakukan perhitungan distribusi panas di seluruh posisi teras,

kemudian dibandingkan untuk kedua jenis teras, maupun diperluas untuk jenis teras silisida dengan tingkat muat yang lebih tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3.berikut menunjukkan panas gamma (dan neutron cepat) pada elemen bakar sebagai fungsi jenis dan muatan uranium dalam elemen bakar. Untuk membedakan asal radiasi gamma yang menembus elemen bakar, perhitungan dilakukan pemisahan secara rinci.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Panas Gamma dan Neutron cepat dalam elemen bakar.

Jenis elemen bakar dan tingkat muatan uraniumnya.	Panas gamma dan neutron cepat. (dalam satuan W/g)				
	Panas Gamma dari <i>meat</i>	Panas Gamma dari luat <i>meat</i>	Panas dari neutron cepat	Total	% perubahan relatif terhadap Oksida-250
O-250	2,8	15,87	0,050	18,72	0,0 %
Si-250	2,7	15,70	0,030	18,43	-1,55 %
Si-300	3,0	16,30	0,027	19,33	3,24 %

Pembahasan.

Berdasarkan persamaan absorpsi/atenuasi gamma, perubahan jenis elemen bakar (dari oksida ke silisida) yang merupakan paduan utama dalam *meat* elemen bakar, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2, akan mempengaruhi tingkat absorpsi gamma dalam bahan tersebut. Pada umumnya koefisien absorpsi massa dari bahan akan bertambah sebagai fungsi nomor atom, sehingga dengan demikian perbahan dari oksida ke silisida juga akan berakibat pada perubahan tingkat absorpsinya.

Hasil yang diperoleh, (Tabel 3) menunjukkan hasil yang akan-akan berlawanan, karena pembangkitan panas di dalam O-250 justru lebih besar (1,55 %) dibandingkan pada Si-250. Hal ini berarti sisa radiasi gamma yang dapat lolos keluar *meat* pada Si-250 akan lebih besar dibandingkan O-250. Namun demikian jika ditinjau dari komposisi elemen bakar, yang mana dalam O-250 terdapat 8 atom O, sedangkan pada Si-250 hanya terdapat 2 atom Si, sedangkan kadar uraniumnya

sama, maka fenomena seperti hasil perhitungan tersebut dapat dimengerti.

Efek dari perubahan tersebut tentunya adalah akan adanya peningkatan intensitas gamma di luar elemen bakar, sehingga dengan demikian pembangkitan panas pada setiap bahan di teras akan bertambah juga. Namun demikian jika diperhatikan lebih jauh, bahwa untuk nilai perubahan yang hanya 1,55 %, maka perubahan tersebut dapat dikatakan tidak signifikan, sehingga efeknya terhadap faktor keselamatan dapat diabaikan.

KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh, serta berdasarkan pada uraian dalam pembahasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa program konversi elemen bakar RSG-GAS dari O-250 ke Si-250 memberikan efek penambahan intensitas gamma di teras reaktor, namun demikian perubahan efek pemanasannya tidak signifikan dan masih dalam batas keselamatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. R.E. JAEGER. at al, *Engineering Compendium on radiation shielding*, Vol. 1-1968.
2. SETIYANTO, *Puissance gamma dans le Reacteur Siloe, Mesures calorimetriques at calcul par le code Gamset*, desertasi s3 di INPG-France. Tahun 1991.
3. T. M SEMBIRING. Kominikasi Pribadi
4. A. HAMZAH. Komunikasi pribadi