

## ANALISIS DISTRIBUSI PANAS GAMMA RSG-GAS DENGAN KONFIGURASI TERAS KOMPAK.

Setiyanto, Tagor MS, Pudjjanto MS

### ABSTRAK

**ANALISIS DISTRIBUSI PANAS GAMMA RSG-GAS DENGAN KONFIGURASI TERAS KOMPAK.** Berbagai langkah telah dilakukan untuk mendapatkan konfigurasi teras yang efektif dan efisien, diantaranya yang paling akhir dikerjakan adalah membentuk teras kompak (*compact core*). Perubahan konfigurasi teras akan membawa dampak pada karakteristik teras, diantaranya adalah perubahan distribusi pemanasan gamma teras. Untuk mengetahui sejauh mana efek konfigurasi teras kompak terhadap distribusi pemanasan gammanya, dilakukan analisis terhadap model teras kompak yang diusulkan. Analisis didasarkan pada hasil perhitungan panas gamma dengan program Gamset untuk jenis teras dengan hanya dua CIP dan dua IP, dimana jumlah elemen bakar masih tetap. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konfigurasi teras kompak yang diusulkan mengakibatkan distribusi gamma teras di bagian tengah teras naik cukup signifikan, sementara di bagian tepi teras turun dibanding pada teras normal. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa konfigurasi teras kompak yang diusulkan mengandung kelemahan pada pemanasan gammanya, sehingga perlu dikaji ulang untuk mendapatkan bentuk teras yang lebih baik dan optimum.

### PENDAHULUAN

Dalam rangka peningkatan kinerja dan efisiensi pengoperasian reaktor RSG-GAS, serta untuk mendukung pelayanan iradiasi diperlukan kondisi dan karakteristik teras yang handal dan efektif. Berbagai tunjauan telah dilakukan untuk mendapatkan pilihan bentuk teras yang handal dan efektif, diantaranya adalah penggantian elemen bakar oksida dengan silisida, perpanjangan waktu hidup teras (*extended burn-up core*), dan perubahan konfigurasi teras dengan bentuk yang lebih kompak (*compact core*).

Kondisi terkini, teras RSG-GAS telah sepenuhnya menggunakan elemen bakar silisida, dimana perubahan karakteristik yang terkait telah pula dianalisis. Perpanjangan waktu hidup teras masih terus diupayakan analisisnya, dan langkah yang sedang dikaji dan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi teras adalah pembentukan teras kompak. Teras kompak adalah teras dengan konfigurasi yang diperkecil (kompak), berarti akan dikurangkan jumlah fasilitas iradiasinya dan demikian juga jumlah elemen bakarnya. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mengurangi jumlah posisi iradiasi, yaitu masing-masing dihilangkan 2 (dua) CIP dan IP, tetapi masih mempertahankan jumlah total elemen bakarnya.

Seperti halnya perubahan teras sebelumnya, perubahan konfigurasi teras akan membawa

pengaruh terhadap karakteristik teras, diantaranya distribusi dan spektrum neutron, distribusi dan spektrum gamma dan parameter lainnya, sehingga perlu dikaji apakah perubahan tersebut masih dibawah batas yang diijinkan.

Di dalam makalah ini khusus disajikan hasil analisis distribusi gamma yang terkait langsung dengan distribusi pemanasannya. Dengan dihilangkannya dua posisi iradiasi tersebut, berarti terjadi pemusatan elemen bakar, sehingga akan menaikkan konsentrasi fluks neutron dan gamma di bagian tengah teras. Jika hal ini yang terjadi, maka pembangkitan daya (dan demikian juga fluks gammanya) akan merapat dibagian tengah, yang dapat mengakibatkan pembangkitan panas gammanya akan berubah pula.

Perhitungan dilakukan dengan program Gamset, dimana data diperoleh dari konfigurasi teras kompak versi pertama, yaitu teras dengan hanya 2 (dua) posisi IP dan CIP, tetapi masih menggunakan jumlah elemen bakar yang sama.<sup>(1)</sup> Analisis difokuskan pada bentuk distribusi dan perubahannya relatif terhadap teras normal. Untuk mengetahui apakah efek perubahan teras tersebut mempengaruhi di dalam maupun di luar teras, maka perhitungan dilakukan sampai seluruh posisi reflektornya.

### Perubahan Konfigurasi teras.

Seperti disinggung di atas, bahwa perubahan konfigurasi teras telah dilakukan dari konfigurasi

normal menjadi konfigurasi teras kompak dengan menghilangkan masing-masing 2 (dua) CIP dan IP. Dari hasil perhitungan neutronik<sup>[1]</sup> diperoleh distribusi pembangkitan daya per elemen bakar

seperti dinyatakan pada Tabel 1.a dan Tabel 1.b. Kedua Tabel tersebut juga sekaligus menunjukkan perbedaan konfigurasi teras normal dan konfigurasi teras kompak yang diusulkan.

Tabel 1. a Konfigurasi dan distribusi daya teras normal

-	-	-	-	-	-	-	-	J
-	-	-	-	-	-	-	-	I
-	0.61	0.54	0.64	0.49	0.46	0.59	-	H
-	0.47	0.71	IP	0.62	0.56	0.44	-	G
0.69	0.70	0.77	0.77	0.68	0.79	0.66	0.69	F
0.50	0.68	0.75	CIP	CIP	0.73	IP	0.57	E
0.59	IP	0.79	CIP	CIP	0.74	0.71	0.62	D
0.66	0.67	0.69	0.74	0.76	0.73	0.69	0.62	C
-	0.46	0.67	0.69	IP	0.70	0.46	-	B
-	0.59	0.44	0.50	0.57	0.46	0.59	-	A
10	9	8	7	6	5	4	3	

Tabel 1. b Konfigurasi dan distribusi daya teras kompak.

-	-	-	-	-	-	-	-	J
-	-	-	-	-	-	-	-	I
-	**	0.74	0.72	0.58	0.75	**	-	H
-	0.80	0.59	IP	0.65	0.59	0.61	-	G
0.82	0.89	0.92	0.79	0.70	1.00	0.61	0.85	F
0.79	0.70	0.91	0.97	CIP	0.92	0.87	0.79	E
0.61	0.69	0.71	CIP	0.99	0.93	0.82	0.71	D
0.75	0.57	0.99	0.69	0.80	0.88	0.88	0.87	C
-	0.59	0.49	0.58	IP	0.64	0.77	-	B
-	**	0.72	0.64	0.72	0.74	**	-	A
10	9	8	7	6	5	4	3	

Nampak pada tabel di atas bahwa konfigurasi teras kompak memiliki bentuk yang sedikit lebih kecil dengan bahan bakar lebih dipusatkan (dikonsentrasikan di tengah), hal ini dikarenakan 2 CIP dan 2 IP dihilangkan dan diganti dengan elemen bakar. Konfigurasi ini nampak lebih meningkatkan pembangkitan daya di bagian tengah teras, yang semestinya akan diikuti oleh pembangkitan radiasi gammanya. Kondisi inilah yang perlu dianalisis, sejauh mana korelasi di atas serta efeknya terhadap tingkat pemanasan disetiap bahan/material yang diiradiasi. Analisis juga diperlukan untuk kuantisasi panas gamma teras baru.

#### Metode perhitungan.

Mengacu pada dasar perhitungan yang dipakai pada program Gamset, metode perhitungan diawali

dengan menentukan kontribusi pembangkitan daya per elemen bakar (Tabel 1.a dan 1.b), selanjutnya dihitung besarnya pembangkitan panas gamma yang diterima pada bahan pada setiap posisi teras yang dikehendaki<sup>[2,3]</sup>. Untuk menganalisis perubahan distribusi pembangkitan panas, perhitungan dilakukan untuk semua posisi teras dari kedua jenis teras, termasuk pada reflektor berilium di sekitar teras. Berikut tatakerja perhitungan yang dilakukan:

- Penentuan distribusi dan kontribusi pembangkitan daya per elemen bakar untuk kedua jenis teras.
- Perhitungan pembangkitan panas gamma pada posisi-posisi di teras dan reflektor dengan program Gamset (untuk teras normal dan teras kompak)
- Analisis hasil.

**HASIL DAN PEMBAHASAN.**

Dari perhitungan untuk kedua teras, diperoleh hasil lengkap nilai panas gamma dan pola

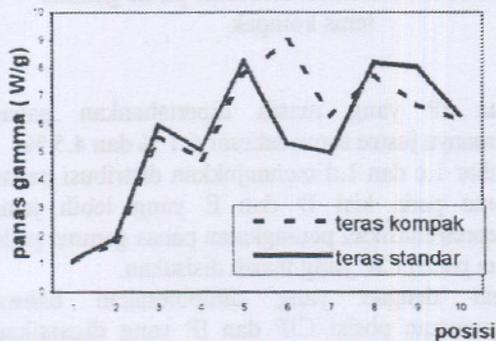
distribusinya pada posisi teras dan reflektor seperti ditunjukkan pada Tabel 3, Gambar 1.a - c serta Gambar 2.a dan 2.b.

Tabel 3. Distribusi panas gamma teras Standar dan teras Kompak. (W/g dalam grafit)

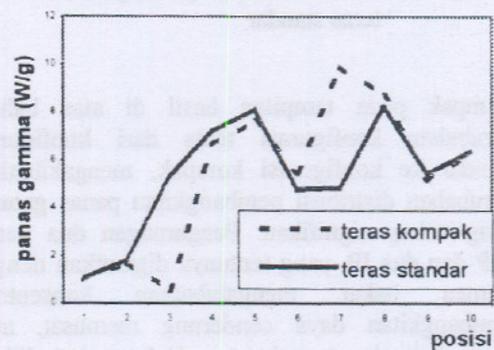
J	0.75	0.88	0.10	1.12	1.03	0.95	0.86	0.73	0.62	0.55
	0.69	0.80	0.93	1.05	0.97	0.89	0.78	0.68	0.59	0.53
I	1.09	1.47	1.73	1.93	1.78	1.64	1.41	1.05	0.79	0.63
	0.93	1.22	1.55	1.81	1.68	1.51	1.19	0.92	0.74	0.61
H	1.77	5.2	5.49	5.96	5.29	4.97	4.99	1.71	1.05	0.75
	1.41	2.17	5.36	5.58	0.51	5.36	2.10	1.36	0.96	0.72
G	2.52	5.9	7.57	5.07	7.19	6.86	5.57	2.42	1.39	0.91
	2.35	6.15	6.31	4.76	6.65	6.34	5.27	2.21	1.34	0.89
F	0.91	7.75	8.64	8.26	8.08	8.53	7.31	6.11	1.92	1.07
	6.22	7.96	8.47	7.76	7.62	8.69	6.73	6.19	1.96	1.09
E	6.05	7.99	8.57	5.31	4.75	8.15	5.22	6.17	2.19	1.17
	6.82	7.78	8.99	8.99	5.48	8.97	8.42	6.94	2.34	1.22
D	6.20	5.27	8.44	4.96	4.83	8.29	7.86	6.56	2.26	1.20
	6.04	7.47	8.05	6.25	9.92	9.4	8.52	6.79	2.39	1.25
C	6.43	7.46	8.25	8.20	8.23	8.53	8.00	6.43	2.13	1.14
	6.11	6.69	8.72	7.76	8.74	9.02	8.49	7.07	2.28	1.18
B	3.05	6.18	7.89	8.04	5.42	7.88	6.25	3.07	1.64	0.99
	2.76	5.78	6.31	6.7	5.18	7.11	7.05	3.20	1.68	1.01
A	2.08	5.75	5.91	6.31	6.34	5.96	5.77	2.09	1.22	0.83
	1.62	2.68	5.93	6.13	6.32	6.25	3.01	1.82	1.17	0.82
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Keterangan tabel :

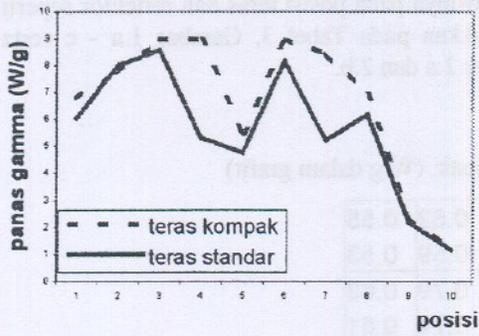
1.20	→	standar
1.25	→	kompak



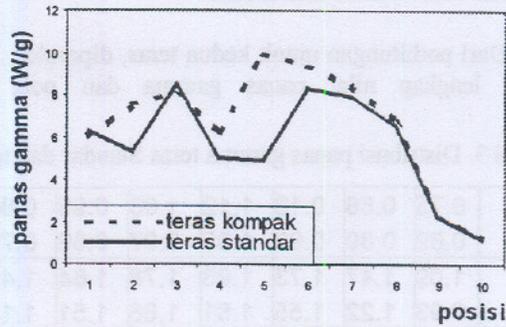
Gambar 1.a Perbandingan distribusi panas gamma kisi 3A - 3J



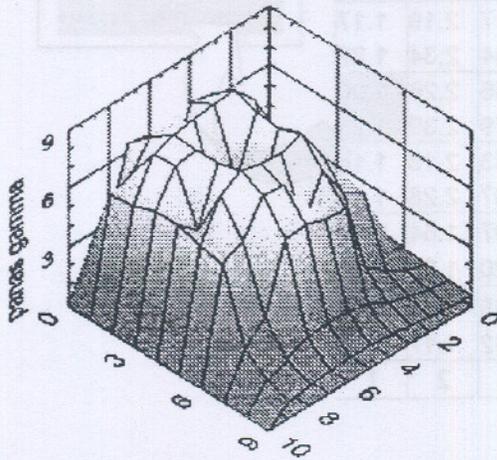
Gambar 1.b Perbandingan distribusi panas gamma kisi 4A - 4J



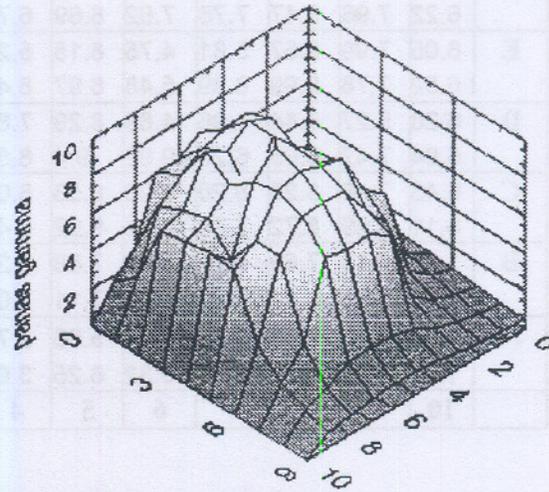
Gambar 1.c Perbandingan distribusi panas gamma kisi E1 – E10



Gambar 1.d Perbandingan distribusi panas gamma kisi D1 – D10



Gambar 2.a Bentuk distribusi panas gamma teras standar



Gambar 2.b Bentuk distribusi panas gamma teras kompak

Nampak pada tampilan hasil di atas bahwa perubahan konfigurasi teras dari konfigurasi standar ke konfigurasi kompak, mengakibatkan perubahan distribusi pembangkitan panas gamma yang cukup signifikan. Pengurangan dua posisi CIP dan dua IP, yang tentunya digantikan dengan elemen bakar mengakibatkan konsentrasi pembangkitan daya cenderung memusat, atau besar di bagian tengah teras. Hal tersebut diikuti pula oleh pembangkitan panas gammanya, yang mana nampak pada distribusi keseluruhannya cenderung membesar di tengah dan sedikit mengecil di tepi teras aktif.

Secara kuantitatif, pada kedua posisi CIP yang masih dipertahankan, terjadi kenaikan panas gamma sebesar 26.0 % dan 15.5 %, sementara di

kedua IP yang masih dipertahankan panas gammanya justru turun sebesar 6.1 % dan 4.5 %. Gambar 1.c dan 1.d menunjukkan distribusi panas gamma pada kisi D dan E yang lebih jelas merepresentasikan peningkatan panas gamma pada kedua posisi CIP yang masih disisakan.

Sesuai dengan yang dihipotesiskan bahwa pengurangan posisi CIP dan IP yang digantikan elemen bakar (berarti akan mengecilkan dimensi teras), maka terjadi peningkatan konsentrasi pembangkitan daya di bagian tengah teras, dan demikian juga pembangkitan pemanasan gammanya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap bahan yang ditempatkan di teras (terutama di CIP) akan mendapatkan kenaikan pemaparan gamma, sehingga produksi panasnya akan meningkat secara proporsional. Dalam kondisi

tertentu dimana margin keselamatannya sangat kecil, perlu dilakukan analisis ulang terhadap keselamatannya.

#### KESIMPULAN

Memperhatikan hasil dan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa konfigurasi teras kompak

seperti yang diusulkan, mengakibatkan peningkatan panas gamma di bagian tengah teras yang cukup signifikan, sehingga diperlukan peninjauan ulang terhadap konfigurasi yang diusulkan untuk mendapatkan perbandingan dan bentuk konfigurasi yang optimum.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. TAGOR M.S, LIEM P.H, TUKIRAN S, " Fuel management strategy for the Compact core design of RSG-GAS (MPR-30)", The 4<sup>th</sup> International Topical meeting on research reactor fuel management, March 19-21, 2000, Colmar, France.
2. SETIYANTO. Puissance deposede par les rayonnement gamma dans le reacteur Siloe. Mesures par calorimetric et calcul par le code GAMSET. Application aux experiences complexes. Desertasi doktor pada ENSPG-INPG. France 1991.
3. SETIYANTO. "Analisis Karakteristik bahan. Pengaruh Jenis dan geometri bahan terhadap pembangkitan panas gamma", Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II, 1997.
4. R.E JAEGER et al. " Engineering compendium on radiation shielding", vol. 1. Shielding fundamentals and methodes. 1968.

**Penanya :** Sukmanto Dibyo

**Pertanyaan :**

Pertanyaan tidak terlalu teknis karena Gamset merupakan tool yang hanya diketahui oleh yang bersangkutan maka pertanyaannya apa makna angka-angka distribusi tersebut kalau kontribusi gama heating terhadap analisis keselamatan thermal di dalam teras selama ini tidak signifikan.

berdasarkan hasil dan data yang telah disajikan dalam bab sebelumnya. Untuk itu, perlu dilakukan analisis yang komprehensif terhadap data yang telah disajikan sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi yang sebenarnya di lapangan. Untuk itu, perlu dilakukan analisis yang komprehensif terhadap data yang telah disajikan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. TADOK M.S., LIEM P.H., TUKILAH S. "The 4<sup>th</sup> International Topical meeting on research reactor fuel management KSG-GAS (MIR-10)", The 4<sup>th</sup> International Topical meeting on research reactor fuel management, March 19-21, 1990, Cairns, Japan.
2. SHIVAHITO, "Pengaruh faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi reaktor pada reaktor penelitian", Laporan Penelitian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 1997.
3. R.E. LAIBER & S. "Engineering computation of neutron kinetics", vol. 1. Shubert, London and Moscow, 1988.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi reaktor pada reaktor penelitian. Untuk itu, perlu dilakukan analisis yang komprehensif terhadap data yang telah disajikan sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi yang sebenarnya di lapangan. Untuk itu, perlu dilakukan analisis yang komprehensif terhadap data yang telah disajikan sebelumnya.