

## ANALISIS KERAPATAN PANAS AKSIAL TERAS REAKTOR RSG-GAS BERBAHAN BAKAR SILISIDA DENGAN KERAPATAN 3,55 gr U/cc

Surian Pinem

### ABSTRAK

Telah dilakukan perhitungan karakteristik pembangkit panas ke arah aksial teras RSG-GAS dengan elemen bakar Silisida, kerapatan 3,55 gr U/cc. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan program komputer WIMSD/4 dan Batan-3DIFF. Tampang lintang makroskopik untuk daerah teras digenerasi dengan program kalkulasi sel WIMSD/4 dan Batan-3DIFF digunakan untuk menentukan  $k_{\text{eff}}$ , harga reaktivitas batang kendali, ppf dan distribusi aksial fluks neutron. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa harga reaktivitas batang kendali dengan elemen bakar oksida sedikit lebih besar dari elemen bakar silisida. Hal ini juga terlihat pada ppf aksial maksimum dimana ppf dengan elemen bakar silisida sedikit lebih rendah dari elemen oksida. Sedangkan ppf radial dengan menggunakan elemen bakar oksida lebih besar sekitar 12 % dari elemen bakar silisida. Dari hasil perhitungan ditunjukkan bahwa hasil yang diperoleh masih lebih kecil dibandingkan dengan hasil pada SAR. Profil kerapatan daya aksial diperoleh pada saat batang kendali ditarik keatas pada posisi 30 cm dan puncak tertingginya berada pada ketinggian 40 cm teras.

### ABSTRACT

Calculating of the heat generating characteristic of the RSG-GAS core, silicide fuel with density 3.55 gr U/cc has been done. Calculation is done by using WIMSD/4 and Batan-3DIFF codes. The macroscopic cross section of the material core that generated by using cell calculation of WIMSD/4 code and Batan-3DIFF code was used to determine the values of  $k_{\text{eff}}$ , control rods worth, power peaking factor (ppf) and the axial neutron flux distribution. From the result of calculation, it is found that achieved that the control rod worth in oxide fuel greater than slightly in silicide fuel. In this case also showed that the value of axial ppf maximum of the silicide fuel less than the slightly in oxide fuel around 12 %. Generally the result of the calculation showed that values achieved are still less than in safety analysis report (SAR). The profile of axial power density achieved while the control rods were withdrawn at 30 cm up and the highest peak of the power distribution achieved at 40 cm of height.

### PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy sampai teras 35 menggunakan bahan bakar oksida dan mulai teras 36 disisipkan bahan silisida dengan kerapatan 2,96 gr U/cc dan diharapkan pada teras 44 seluruhnya telah berisi bahan bakar silisida kerapatan 2,96 gr U/cc. Salah satu kegiatan penelitian saat ini adalah mengganti bahan bakar silisida kerapatan 2,96 gr U/cc dengan bahan bakar silisida kerapatan 3,55 gr U/cc sehingga diharapkan dapat meningkatkan siklus operasi reaktor.

Sampai saat telah dilakukan perhitungan desain neutronik bahan bakar silisida kerapatan 3,55 gr U/cc dari aspek manajemen bahan bakar. Dalam penelitian ini akan diteliti Karakteristik Pembangkit Panas ke Arah Aksial Teras dengan menggunakan program Batan-3DIFF dan WIMS/D4. Program WIMS/D4[1] digunakan untuk menggenerasi konstanta kelompok difusi untuk tiap-tiap material

pada teras reaktor. Program Batan-3DIFF[2] digunakan untuk menangani geometri reaktor x-y-z, hamburan neutron ( $n,2n$ ) dan koefisien difusi gayut waktu.

Untuk menentukan pengaruh pemasangan batang kendali terhadap distribusi daya pada teras, salah satu yang harus diperhatikan adalah banyaknya interaksi yang mempengaruhi profil daya. Pada awal teras batang kendali harus dimasukkan untuk mengkompensasi reaktivitas yang besar dari pemasangan elemen bakar segar. Pada daerah dimana batang kendali dimasukkan mengakibatkan pengurangan faktor perlipatan efektif sehingga fluks relatif semakin rendah. Untuk menjaga daya reaktor konstan, seharusnya puncak fluks dekat bawah teras reaktor. Bahan bakar dalam reaktor akan berkurang, untuk itu batang kendali harus ditarik keposisi atas untuk mengkompensasi reaktivitas yang berkurang dari elemen bakar. Ketika batang kendali ditarik,

maka puncak fluks akan berpindah keatas dari teras reaktor[3].

Beberapa kerugian dalam menggunakan elemen kendali untuk pembentukan profil daya adalah profil daya radial yang baik diperoleh dengan mengorbankan profil daya aksial dan pencapaian fraksi elemen bakar optimal diimbangi dengan penurunan neutron pada teras akibat pemasukan batang kendali yang tinggi. Faktor ini harus dipertimbangkan dalam perencanaan skema manajemen kontrol optimal. Untuk lebih teliti menganalisa pengaruh pemasukan batang kendali pada distribusi daya akan diteliti interaksi batang kendali bank dengan profil fluks aksial. Dengan hasil ini akan diperoleh pembangkit panas sebagai fungsi posisi batang kendali dan kemampuan batang kendali sehingga dapat dilakukan analisis batas keselamatan.

$$M\Phi \equiv -\nabla D_g(r)\nabla\phi_g(r) + \Sigma_{rg}(r)\phi_g(r) - \sum_{g' \neq g}^G \Sigma_{g' \rightarrow g}(r)\phi_{g'}(r) \dots\dots\dots 3$$

dan

$$F\Phi \equiv \chi_g \sum_{g'=1}^G \nu \Sigma_{fg'}(r)\phi_{g'}(r) \dots\dots\dots 4$$

Tanda \* menyatakan operator *adjoint*, sedangkan  $k_{eff}$  adalah faktor perlipatan efektif.

**METODE PERHITUNGAN**

Program komputer WIMS/D4[3] digunakan untuk menghitung konstanta kelompok material elemen bakar sebagai fungsi fraksi bakar U-235, reflektor dan struktur material yang lain. Perhitungan satuan cell untu kondisi kritis dilakukan dengan mengatur kebocoran dari  $DB^2$  menggunakan konstanta 4 kelompok dari 69 konstanta kelompok yang asli[1,3]. Struktur dari 5 kelompok energi adalah 10 MeV-0,821 MeV, 0,821MeV-5,53 keV, 5,53 keV- 0,625 keV dan 0,625 keV-0 keV. Konstanta kelompok elemen bakar standar , elemen bakar kendali , penyerap Ag-In-Cd, reflektor dan struktur material yang lain digenerasi dengan *multiplate option*.

Untuk perhitungan seluruh teras, dibuat model difusi 3-D awal siklus dari uranium perkayaan rendah. Kondisi batas vakum ( $\phi = 0$ ) ditempatkan pada jarak tiga kali lebar elemen bakar dari batas luar teras aktif. Perhitungan kerapatan puncak daya diperlukan untuk puncak daya pada pinggir interval *mesh*. Puncak daya pada pinggir interval *mesh* lebih konservatif dari salah satu pada pusat *mesh*.

Dalam perhitungan, penyerap hanya didefinisikan didalam teras aktif, karena hanya pada

**TEORI**

Persamaan nilai diri difusi neutron banyak kelompok dan persamaan *adjoint*, diselesaikan dengan program Batan-3DIFF, masing-masing dapat diungkapkan secara ringkas dengan notasi operator sebagai berikut[4]:

$$M\Phi = \frac{1}{k_{eff}} F\Phi \dots\dots\dots 1$$

dan

$$M^* \Phi^* = \frac{1}{k_{eff}} F^* \Phi^* \dots\dots\dots 2$$

dengan M dan F masing-masing menyatakan operator migrasi dan hilangnya neutron dan operator sumber fisi,

teras aktif memberikan efek yang besar. Dengan kata lain, penyerap yang diluar teras aktif tidak diprhitungkan. Kedalaman pemasukan batang kendali didefinisikan sebagai posisi ujung di teras aktif. Untuk itu ujung batang batang pada posisi bawah teras aktif (tinggi teras = 60 cm) dimana secara penuh disisipkan pada atas teras aktif (tinggi teras = 0 cm) dimana secara penuh posisi batang kendali ditarik. Untuk posisi yang lain, lokasi ujung berhubungan dengan persentase batang kendali ditarik.

Program komputer Batan 3-DIFF menghitung kondisi batas internal yang perlu didalam bentuk koefisien kehitaman,  $\alpha(DB)$ , untuk masing-masing kelompok energi. Perhitungan koefisien kehitaman dalam 5 kelompok untuk material Ag-In-Ag adalah  $5,07179.10^{-4}$ ,  $3,24538.10^{-3}$ ,  $5,38895.10^{-2}$ ,  $0,32033$  dan  $0,42199$ , dari kelompok termal ke kelompok neutron cepat. Koefisien yang diperoleh digunakan untuk menghitung harga batang kendali. Perubahan faktor puncak daya, profil serta pergantian kerapatan daya dihitung dengan menggunakan salah satu opsi pada program Batan 3-DIFF yang dapat menghitung faktor puncak daya aksial pada masing-masing grid elemen bakar.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil perhitungan  $k_{eff}$ , ppf radial maksimum, ppf aksial maksimum dan ppf lokal maksimum untuk elemen bakar oksida dan silisida dengan kerapatan 3,55 gr U/cc sebagai fungsi posisi batang kendali ditunjukkan dalam Tabel 1. Dari data tersebut terlihat bahwa posisi batang kendali pada 40 cm menunjukkan harga ppf maksimum. Harga ppf

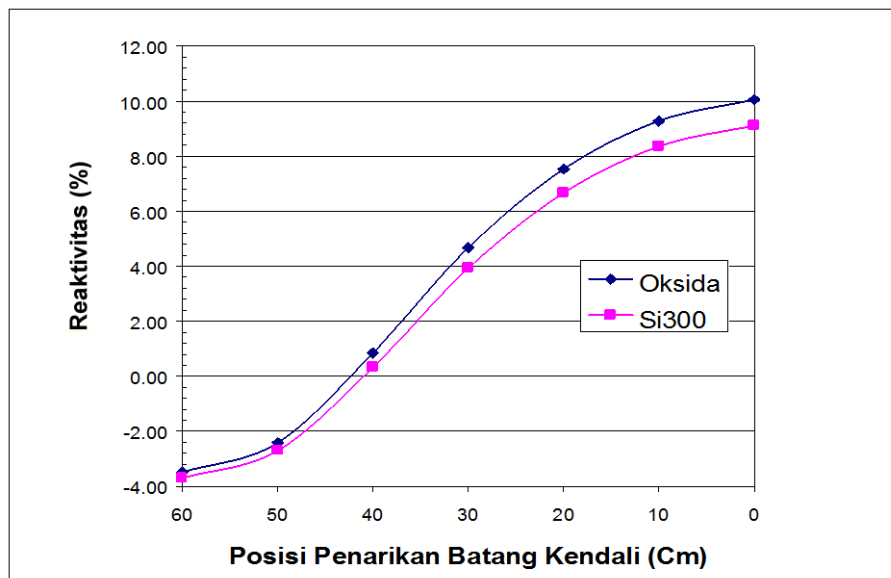
radial maksimum untuk elemen bakar silisida lebih besar dari oksida sekitar 12 %. Akan tetapi bila dibandingkan dengan nilai pada SAR masih dibawah harga SAR dimana harganya 1,6. Sedangkan untuk ppf aksial maksimum dan ppf lokal maksimum untuk Silisida sedikit lebih kecil dibandingkan dengan oksida. Hal ini bisa dilihat juga dari grafik batang kendali untuk elemen bakar oksida dan silisida seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.

Tabel 1. Harga  $k_{eff}$  dan ppf sebagai fungsi posisi batang kendali.

Posisi (cm)	$k_{eff}$		Ppf Radial Maksimum		Ppf Aksial Maksimum		Ppf Lokal Maksimum	
	Oksida	Si300	Oksida	Si300	Oksida	Si300	Oksida	Si300
0	1.111865	1.100290	1.2218	1.2620	1.3101	1.3081	1.6471	1.6876
10	1.102274	1.091216	1.1830	1.2826	1.4083	1.4049	1.6463	1.6868
20	1.081421	1.071449	1.1890	1.3179	1.5696	1.5638	1.6415	1.6815
30	1.049033	1.040897	1.2332	1.3719	1.7616	1.7495	1.6259	1.6652
40	1.008534	1.003181	1.3136	1.4929	1.8440	1.8255	1.5703	1.6065
50	0.976407	0.973663	1.4578	1.6665	1.4345	1.4339	1.8703	1.9134
60	0.966302	0.964307	1.5227	1.7449	1.2911	1.2893	1.9011	1.9398

Dari gambar grafik batang kendali juga terlihat bahwa reaktivitas total batang kendali untuk oksida sedikit lebih besar dibandingkan dengan silisida. Untuk elemen bakar oksida reaktor akan keritis

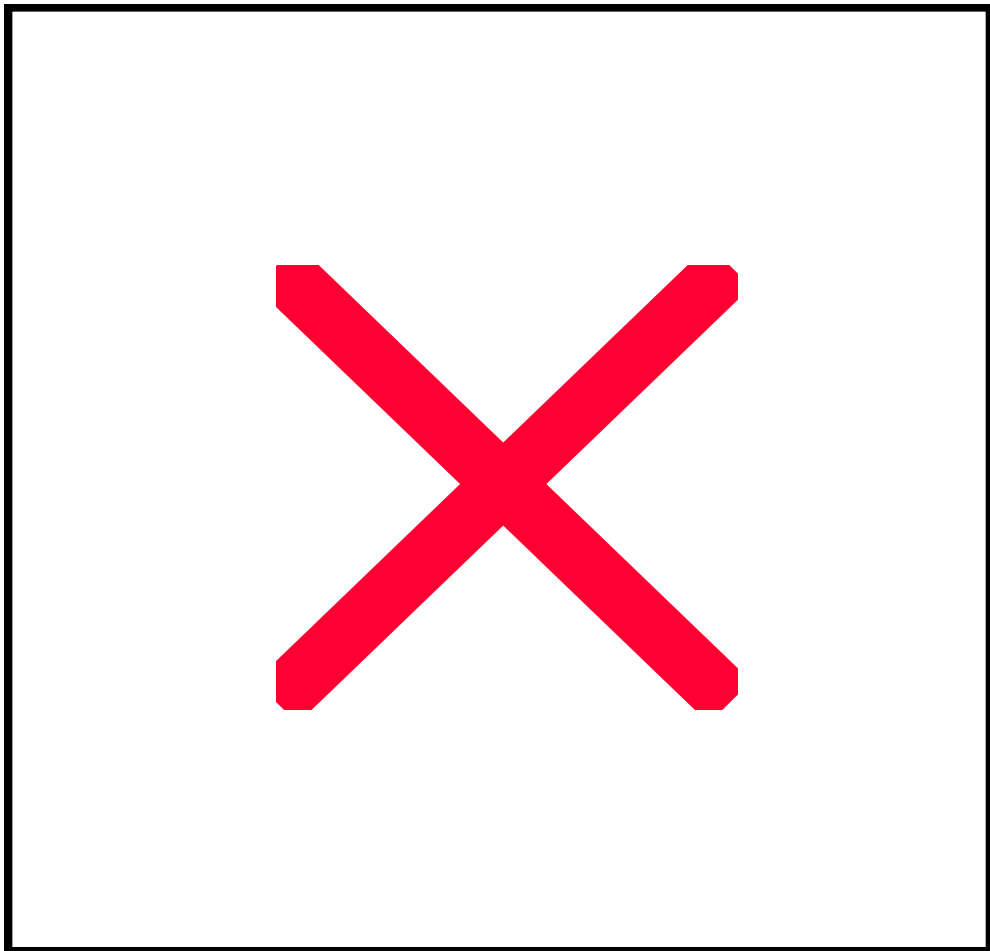
apabila batang kendali ditarik sekitar 46 cm dan untuk elemen bakar silisida reaktor akan keritis apabila batang kendali ditarik sekitar 48 cm.

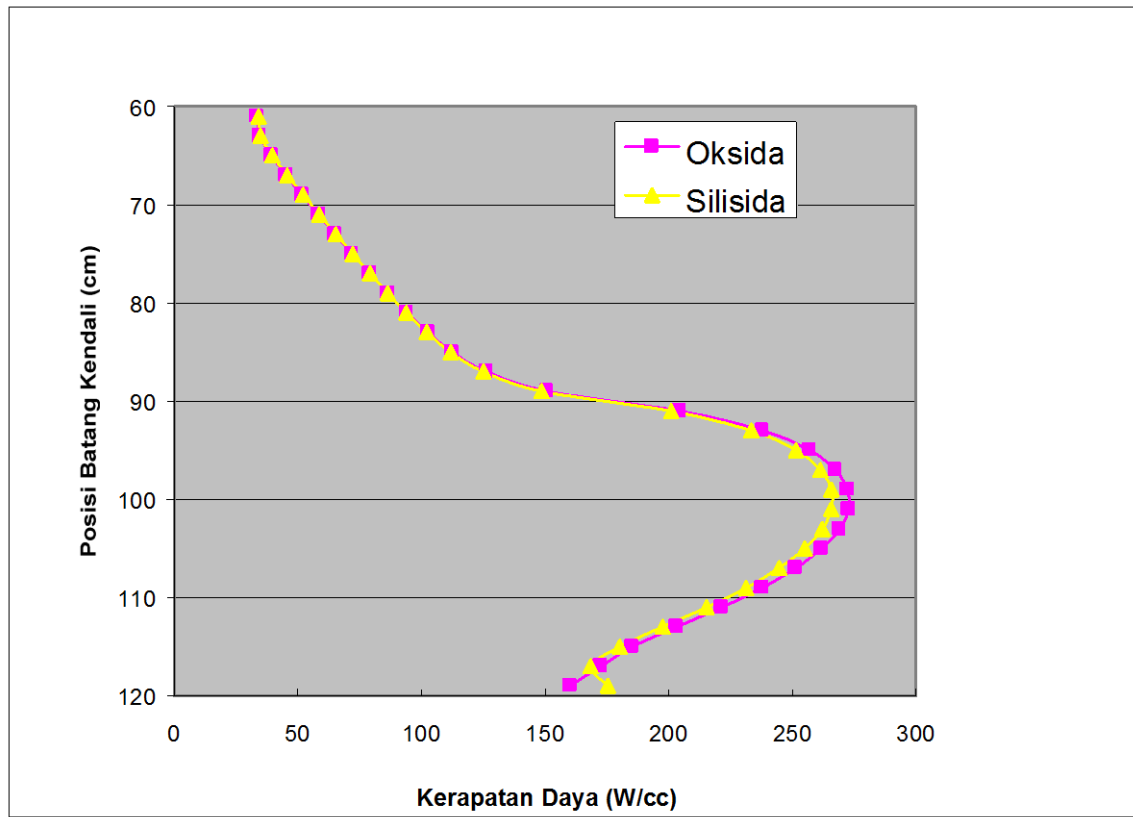


Gambar 1. Grafik Batang Kendali Untuk Elemen Bakar Oksida dan Silisida

Profil kerapatan daya aksial dengan beberapa posisi batang kendali ditunjukkan dalam Gambar 2. Dari hasil ini terlihat bahwa profil kerapatan daya aksial maksimum diperoleh pada posisi batang kendali 30 cm dan puncak kerapatan daya maksimumnya pada

posisi 40 cm teras aktif. Pada Gambar 3 ditunjukkan profil daya maksimum pada posisi batang kendali 30 cm untuk elemen bakar silisida dan oksida. Kerapatan daya teras dengan elemen bakar oksida lebih besar dari silisida.





Gambar 3. Profil Kerapatan Daya Aksial dengan Elemen Bakar Silisida dan Oksida pada posisi Batang Kendali 30 cm.

## KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program komputer Batan-3DIFF elemen bakar silisida berkerapatan 3,55 grU/cc diperoleh harga ppf radial maksimum 1,4929, ppf aksial maksimum

1,8255 dan ppf lokal maksimum 1,6065 pada posisi batang kendali 40 cm. Profil kerapatan daya aksial maksimum diperoleh pada posisi batang kendali 30 cm dan puncak kerapatan daya maksimumnya diperoleh pada posisi 40 cm teras aktif.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ASKEW, J.R., FAYERS, F. J., "A General Description of the Code WIMS", Journal Of Brit. Nuc. Energy Soc. , (1966)
2. LIEM PENG HONG, "Pengembangan Program Komputer Standard Batan Difusi Neutron Banyak Kelompok 3-D Batan -3DIFF)", Seminar Komputasi Dalam Sains Dan Teknologi Nuklir V, Jakarta (1995)
3. JAMES J. DUDERSTADT, "Nuclear Reactor Analysis", John Wiley & Sons, New York (1976)
4. SEMBIRING T.M DAN LIEM P. H. , "Validation of BATAN-3DIFF Code on #-D Model of The IAEA 10 MWth Benchmark Core For Partially Inserted Control Rods", Atom Indonesia, Vol.25, (1999)