

PENENTUAN FRAKSI BAKAR PELAT ELEMEN BAKAR UJI DENGAN ORIGEN2

Kadarusmanto, Purwadi, Endang Susilowati

ABSTRAK

PENENTUAN FRAKSI BAKAR PELAT ELEMEN BAKAR UJI DENGAN ORIGEN2.

Elemen bakar merupakan salah satu komponen penting teras reaktor. Karena di dalamnya terkandung produk fisi yang sangat reaktif. Keberadaan produk fisi ini harus dihitung dengan akurat karena menyangkut keselamatan operasi. Makalah ini menentukan jumlah Uranium-235 yang telah terbakar dengan menggunakan ORIGEN2. Elemen bakar yang ditentukan fraksi bakarnya adalah 3 elemen bakar uji dengan nomer identifikasi CBBJ249, CBBJ250 dan CBBJ251. Masing-masing elemen bakar uji diiradiasi di dalam teras RSG-GAS. CBBJ249 diiradiasi di teras 66 dan teras 67, CBBJ 250 diiradiasi di teras 66 sampai dengan 71 dan CBBJ251 di teras 66 sampai dengan teras 69. Dari hasil perhitungan dengan paket program ORIGEN2 diperoleh bahwa CBBJ 249 sampai dengan CBBJ251 mempunyai fraksi bakar 18,41%, 55,61% dan 36,87%. Bila dibandingkan dengan LAK EBU dan hasil pengukuran γ scanning terdapat perbedaan, semakin tinggi fraksi bakar semakin kecil perbedaannya.

Kata kunci : ORIGEN2, fraksi bakar, pelat elemen bakar uji

ABSTRACT

DETERMINATION OF BURN-UP FOR TESTING FUEL PLATE. Nuclear fuel constitute of one out of several important component of the GA Siwabessy Reactor. Due to fission product at which is very reactive stay in it. The availability of fission product shall be calculated accurately. This paper is calculated the amount of uranium-235 burned by ORIGEN 2 computer code. The nuclear fuel calculated are three of testing fuels identification number of CBBJ249, CBBJ250 and CBBJ251. Each of testing fuel has been irradiated inside the RSG-GAS, CBBJ249 is irradiated inside core 66th and 67th core, CBBJ251 is irradiated inside the 66th core to core the 71th core. Eventually the testing fuel of CBBJ 251 is irradiated inside the 66th core till to the 69th core. From the calculation result of ORIGEN2 there are obtained that the CBBJ249 until the CBBJ 251 having burn-up of 18,41%; 55,61% AND 36,87%. If compare to the measurement result of LAK EBU and γ scanning measurement, there were shown that testing fuel of highest burn-up has lowest different.

Keyword: ORIGEN2, burn-up. Fuel element plate.

PENDAHULUAN

Elemen bakar merupakan salah satu komponen teras yang di dalamnya terkandung produk fisi. Produk fisi merupakan hasil reaksi Uranium dengan neutron menghasilkan produk fisi, energi panas terbangkitkan dan neutron baru. Produk fisi sangat terkait dengan keselamatan operasi dan harus dijaga agar tetap didalam kelongsong elemen bakar. Banyaknya produk

fisi yang terbentuk dapat dihitung dengan paket program ORIGEN2.

Sejalan dengan program *Reduced Enrichment for Research and Test Reactor* (RERTR), PRSG bersama-sama Pusat Penelitian Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) telah melakukan penelitian di bidang bahan bakar nuklir yaitu dengan mengiradiasi tiga pelat elemen bakar uji densitas 4,8 gram/cm³, masing-masing dengan identitas CBBJ249, CBBJ250 dan CBBJ251. Masing-masing

pelat elemen bakar uji CBBJ249, CBBJ250 dan CBBJ251 disisipkan pada posisi alur 3, 7 dan 19 dari suatu dummi elemen bakar dimana 18 pelat lainnya berupa dummi pelat. Masing-masing pelat elemen bakar uji mempunyai berat U-235 sebesar 18,36 gram. Pelat elemen bakar uji CBBJ249 diiradiasi dari teras 66 sampai dengan teras 67, pelat elemen bakar uji CBBJ250 diiradiasi mulai teras 66 sampai dengan teras 71, sedangkan pelat elemen bakar uji CBBJ251 diiradiasi mulai teras 66 sampai dengan teras 69.

Makalah ini menghitung fraksi bakar elemen bakar uji dengan ORIGEN2.

$$P = \frac{\text{Berat U-235 1 pelat}}{\text{Berat Total U-235 pelat + Berat U-235 elemen bakar}} \times \text{Daya Reaktor} \dots\dots\dots (1)$$

Daya yang dihasilkan menjadi salah satu inputan perhitungan fraksi bakar pelat elemen bakar uji dengan menggunakan ORIGEN2.

PAKET PROGRAM ORIGEN2^[2]

Pada dasarnya paket program ORIGEN2 mempunyai kemampuan untuk menghitung pembentukan dan penyusutan (*build-up dan depletion*) radionuklida yang berada di dalam teras reaktor akibat adanya reaksi dengan neutron atau peluruhan yang diakibatkan oleh hasil reaksi tersebut. Dengan menggunakan berbagai data yang terdapat dari fasilitas keputukaannya (*library*) antara lain data tampang lintang serapan, data tampang lintang pembelahan,

Perhitungan fraksi bakar dilakukan berdasarkan manajemen teras RSG-GAS^[1], dalam perhitungan manajemen teras, adanya pelat elemen bakar uji tidak diperhitungkan. Untuk perhitungan fraksi bakar pelat elemen bakar uji dilakukan dengan menambahkan berat pelat yang ada di teras dan berat uranium elemen bakar pada saat awal teras. Perhitungan daya yang dibangkitkan dari pelat elemen bakar uji dilakukan dengan cara berat U-235 di dalam pelat uji dibagi dengan total berat U-235, seperti pada persamaan di bawah ini.

data peluruhan, tenaga α , β , γ maka paket ORIGEN2 dapat sekaligus digunakan untuk menghitung berbagai keperluan.

Pembentukan dan penyusutan yang terjadi selama elemen bakar berada di dalam reaktor dihitung dengan geometri titik dan berlaku untuk satu kelompok tenaga neutron thermal. Bila satu material dimasukkan ke dalam medan neutron dalam teras reaktor, maka komposisi nuklida yang ada dalam material tersebut akan berubah sebagai fungsi waktu akibat adanya proses penyusutan karena pembelahan, proses aktivasi maupun peluruhan. Secara matematis perubahan ini dinyatakan dalam satu bentuk persamaan differensial non homogen Orde pertama yang memenuhi hubungan sebagai berikut:

$$\frac{dX_i}{dt} = \sum_{j=1}^N l_{ij} \lambda_j X_j + \Phi \sum_{k=1}^N f_{ik} \sigma_k X_k - (\lambda_i + \Phi \sigma_i) X_i \dots\dots\dots (1)$$

$(i = 1, \dots, N)$

dengan :

- X_i = konsentrasi nuklida-*i*
- l_{ij} = fraksi peluruhan dari nuklida-*j* ke nuklida-*i*
- λ_j = konstanta peluruhan nuklida-*j*
- $\frac{X_j}{\Phi}$ = konsentrasi nuklida-*j* per fluks neutron rerata
- Φ = fluks neutron rerata
- f_{ik} = fraksi absorpsi neutron dari nuklida-*k* yang membentuk nuklida-*i*
- σ_k = tampang lintang absorpsi mikroskopis nuklida-*k* pada neutron rerata

X_k = konsentrasi nuklida- k
 σ_i = tampang lintang absorpsi mikroskopis nuklida- i pada neutron rerata

Dari persamaan (2) akan terdapat N persamaan untuk N radionuklida yang ditinjau. Sistem persamaan differensial di atas akan diselesaikan dengan menggunakan metoda matrik eksponensial yang dilakukan dengan komputer.

Dalam menyelesaikan sistem persamaan tersebut perlu dilakukan penyederhanaan koefisien sistem persamaan differensialnya. Secara teoritis matematik tiap nuklida yang ditinjau dapat dihasilkan dari $N-1$ nuklida dihasilkan < 12 nuklida lainnya. Dengan demikian kalau nuklida yang ditinjau sebanyak $N= 1700$, maka bila tidak dilakukan penyederhanaan , koefisien sistem persamaan differensial tersebut akan memerlukan matriks 1700×1700 . Dengan adanya penyederhanaan akan diperoleh sebagian

besar koefisien matriks tersebut kosong. Hal ini akan bermanfaat bagi pengurangan jumlah memori yang akan dipakai selama perhitungan penyelesaian persamaan tersebut.

Paket program ORIGEN2 dilengkapi dengan pangkalan data yang berisi: seluruh data peluruhan radionuklida yang ditinjau, data photon, data tampang lintang serapan, pembelahan, aktivitas dan lain-lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Laporan Operasi^[3], waktu operasi daya rendah jauh lebih kecil dibandingkan waktu operasi daya tinggi, oleh karena itu waktu operasi daya rendah dapat diabaikan, sehingga diperoleh waktu operasi pada saat elemen bakar uji berada di dalam teras seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel.1 Waktu iradiasi pelat CBBJ di teras RSG-GAS

Teras	Waktu Operasi (hari)	Pelat			Keterangan
		CBBJ249	CBBJ250	CBBJ251	
66	43,47				
67	44,24				CBBJ249 KE LUAR TERAS
68	43,56				
69	43,74				CBBJ251 KELUAR TERAS
70	43.74				
71	44,43				CBBJ 250 KELUAR TERAS

Untuk menghitung daya yang dibangkitkan dari pelat elemen bakar uji digunakan persamaan 1, dengan berat U-235 EB diperoleh dari Laporan Operasi, sehingga

diperoleh daya terbangkit seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2.: Daya yang dibangkitkan dari Pelat Elemen bakar uji

Teras	Berat [gram]			Daya Terbangkit [MW]
	U-235 Pelat	U-235 EB	U-235 dalam Teras	
66	55,08	8.643,84	8.698,92	3.16591E-02
67	55,08	8.634,64	8.689,72	3.16926E-02
68	36,72	8.620,91	8.657,63	3.18101E-02
69	36,72	8.608,79	8.645,51	3.18547E-02
70	18,36	8.587,13	8.605,49	3.20028E-02
71	18,36	8.543,43	8.561,79	3.21662E-02

Untuk menghitung fraksi bakar pelat elemen bakar uji dengan ORIGEN2 dilakukan dengan memasukkan berat uranium dalam pelat, waktu iradiasi (waktu operasi teras) pelat (Tabel 1) dan daya terbangkit dari pelat elemen bakar uji (Tabel 2), sehingga diperoleh pelat elemen bakar uji CBBJ 249, CBBJ251 dan CBBJ250 mempunyai fraksi bakar masing-masing 18,41 %, 55,61 % dan 36,87 %, sedangkan Mengacu LAK Inseri EBU Silisida Densitas 4,8 dan 5,2 g U/cm³ di Teras RSG-GAS Rev. 3^[4], berdasarkan hasil perhitungan dengan

menggunakan Paket Program Batan-EQUIL-2D, pelat elemen bakar uji CBBJ 249, CBBJ251 dan CBBJ250 mempunyai fraksi bakar masing-masing 20,13 %, 54,79 % dan 38,73 %. Sedangkan dari hasil pengukuran γ Scanning^[5] yang dilakukan oleh PTBBN diperoleh fraksi bakar pelat elemen bakar uji CBBJ 249, CBBJ251 dan CBBJ250 masing-masing 24,81123 %, 55,87081 % dan 39,42216, seperti diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 4. Perbandingan Fraksi Bakar Hasil ORIGEN2 dengan LAK (Batan-EQUIL-2D) dan Pengukuran dengan γ Scanning

Pelat Elemen Bakar Uji	Fraksi Bakar [%]		
	ORIGEN2	LAK (Batan-EQUIL-2D)	Pengukuran dengan γ Scanning
CBBJ249	18,41	20,13	24,81123
CBBJ250	55,16	54,79	55,87081
CBBJ251	36,71	38,73	39,42216

Dari Tabel 4, bila hasil perhitungan ORIGEN2 dibandingkan dengan LAK (Batan-EQUIL-2D) dan hasil pengukuran dengan γ scanning yang dilakukan oleh

PTBBN terdapat perbedaan, perbedaan tersebut dapat disebabkan Library dalam ORIGEN2 tidak persis sama dengan kondisi reaktor RSG-GAS, library ORIGEN2 untuk

kondisi thermal sedangkan reaktor RSG-GAS beroperasi pada suhu kurang lebih 40°C, semakin tinggi fraksi bakar semakin semakin kecil perbedaannya.

KESIMPULAN

Paket Program Komputer ORIGEN2 dapat digunakan untuk menghitung fraksi bakar Pelat Elemen Bakar Uji, dari hasil perhitungan diperoleh fraksi bakar pelat elemen bakar uji CBBJ249 : 18,41 %, pelat CBBJ250 : 55,16 % dan pelat CBBJ251 : 36,71 %

DAFTAR PUSTAKA

1. **PRSG**, "Laporan Analisis Keselamatan RSG-GAS Rev. 10.1", 2011.
2. **KADARUSMANTO DKK**, "Pemanfaatan Paket Program ORIGEN2", 1990.
3. **PRSG**, "Laporan Operasi Reaktor", Teras 66; 67; 68; 69; 70 dan 71
4. **PTBBN**, "Laporan Analisis Keselamatan Inseri EBU Silisida Densitas 4,8 dan 5,2 g U/cm³ di Teras RSG-GAS Rev. 3", 2008
5. **PTBBN**, "Gamma Scanning Bahan Bakar U³Si²/Al Tingkat Muat Uranium 4,8 g/cm³ Pasca Iradiasi"