

PERHITUNGAN REAKTIVITAS (ρ) BATU TOPAZ 1,5 KG POSISI D-9 DENGAN PROGRAM BATAN 2-DIFF

Sutrisno

ABSTRAK

PERHITUNGAN REAKTIVITAS (ρ) BATU TOPAZ 1,5 KG POSISI D-9 DENGAN PROGRAM BATAN 2-DIFF. Perhitungan reaktivitas (ρ) batu topaz 1,5 kg posisi d-9 dengan program Batan 2-diff perlu dilakukan, mengingat pelayanan iradiasi target merupakan salah satu tugas yang diemban oleh Pusat Reaktor Serba Guna. Dengan demikian diperlukan kajian neutronik tentang target yang dimasukkan ke dalam teras reaktor. Salah satu target yang diiradiasi di dalam teras reaktor adalah batu topaz. Di dalam tulisan ini dilakukan perhitungan reaktivitas menggunakan program Batan 2-diff, kajian ini dilakukan menggunakan pemodelan target topaz yang diiradiasi dengan program WIMSD-5B untuk menghasilkan konstanta kelompok difusi target topaz dan hasilnya digunakan untuk menghitung reaktivitas dengan program BATAN 2-DIFF. Dari hasil perhitungan reaktivitas batu topaz 1,5 Kg posisi D-9 adalah 0,0741% dan harga ini masih dibawah harga reaktivitas yang dipersyaratkan di Laporan Analisis Keselamatan (LAK) reaktor RSG-GAS yaitu iradiasi satu target maksimum $\pm 0,5 \%$.

Kata kunci: reaktivitas, program WIMSD-5B, program BATAN-2DIFF

ABSTRACT

CALCULATION OF REACTIVITY (ρ) OF THE 1.5 KG GEMSTONE TOPAZ AT D-9 POSITION USING BATAN 2-DIFF PROGRAM. The calculation of the reactivity of the gemstone topaz at the position D-9 reactor core using BATAN 2-DIFF is necessary to do. irradiation services for this 1.5 Kg gemstone is recently very requested, so it is needed to make the study of the neutronic aspect of the target. In this paper will be described the calculation of the reactivity using the BATAN 2-DIFF program. Modeling of the irradiation of the gemstone topaz target to generate the diffusion group constant using WIMSD-5B program. The calculation result for the target reactivity is 0.0741% which this value is still under the determined as $\pm 0,5 \%$.

Keywords: reactivity, WIMSD-5B program, BATAN-2DIFF program

PENDAHULUAN

Reaktor serba Guna (RSG-GAS) merupakan reaktor tipe kolam yang digunakan untuk penelitian, pelayanan iradiasi, kegiatan pendidikan dan pelatihan. Fasilitas reaktor RSG-GAS dibangun berdasarkan konsep reaktor kolam terbuka dengan menggunakan air sebagai pendingin dan moderator serta menggunakan berilium sebagai reflector.

Dalam menjalankan fungsi pelayanan iradiasi, reaktor RSG-GAS menerima sampel yang akan diiradiasi baik di fasilitas iradiasi dalam teras maupun di luar teras. Sampel yang dimasukkan ke dalam fasilitas iradiasi bisa menimbulkan gangguan reaktivitas, baik reaktivitas positif maupun reaktivitas negatif. Salah satu sampel yang diiradiasi di dalam teras reaktor RSG-GAS adalah batu topaz. Batu topaz merupakan batuan silikat dengan rumus kimia $Al_2SiO_4(FOH)_3$ (*Aluminium silicate fluoride hydroxide*)¹⁾. Masuknya batu topaz ke dalam teras reaktor bisa menimbulkan pengaruh terhadap keselamatan operasi reaktor sehingga perlu

dilakukan perhitungan gangguan reaktivitas batu topaz dalam teras reaktor.

Dalam makalah ini, dilakukan tinjauan aspek neutronik terhadap target batu topaz yang dimodelkan dan dilakukan perhitungan dengan program WIMSD-5B untuk menghasilkan konstanta kelompok difusi. Konstanta kelompok difusi target batu topaz kemudian digunakan sebagai pustaka pada perhitungan neutronik dengan program BATAN 2-DIFF untuk menghitung perubahan reaktivitas akibat pemuatan atau pengeluaran batu topaz yang merupakan salah satu yang dipersyaratkan dalam Batasan dan Kondisi Operasi (BKO) reaktor RSG-GAS.

TEORI

Model Perhitungan dengan WIMS

Analisis keselamatan reaktor nuklir sangat kompleks karena diperlukan pemahaman dari berbagai aspek, tidak saja dari aspek neutronik melainkan juga dari aspek termohidrolika, kinetic,

dan dinamika reaktor. Agar analisis dapat dilakukan dengan akurat maka diperlukan paket program yang memiliki akurasi tinggi yang telah dibuktikan akurasi dengan eksperimen dan beberapa kasus *Benchmark*. Paket proram WIMS adalah paket program yang sangat populer digunakan dalam perhitungan sel untuk menggenerasi konstanta kelompok difusi. Paket program WIMSD-5B²⁾ merupakan penyempurnaan dari versi sebelumnya, yaitu WIMS-D/4. Deskripsi masukan paket program ini dibuat untuk memproses/generasi konstanta kelompok difusi elemen bakar RSG-GAS dan beberapa target iradiasi yang sering diiradiasi di reaktor. Perhitungan sel merupakan tahap awal dari perhitungan teras yang menyelesaikan persamaan konstanta kelompok difusi dalam geometri 2-D dalam bentuk:

$$-\nabla D_g(r) \cdot \nabla \Phi_g(r) + \Sigma_{t,g}(r) \Phi_g(r) = \sum_{s=1}^G \Sigma_{s,g} \rightarrow_g(r) \Phi_s(r) + \frac{\chi_g}{k_{eff}} \sum_{f=1}^G \nu \Sigma_{f,g}(r) \Phi_f(r), \quad g = 1, 2, \dots, G \dots\dots\dots 1)$$

Dengan metode *finite difference* untuk iterasi ke-n persamaan di atas menjadi:

$$-\nabla D_g(r) \cdot \nabla \Phi_g^{(n)}(r) + \Sigma_{r,g}(r) \Phi_g^{(n)}(r) = \Sigma_{s,g-1} \rightarrow_g(r) \Phi_{g-1}^{(n)}(r) + \frac{\chi_g}{k_{eff}^{(n-1)}} S_f^{(n-1)}(r) \dots\dots\dots 2)$$

karena suku bagian kanan tidak bergantung pada Φ_g , maka:

$$-\nabla D_g(r) \cdot \nabla \Phi_g^{(n)}(r) + \Sigma_{r,g}(r) \Phi_g^{(n)}(r) = S_g(r)$$

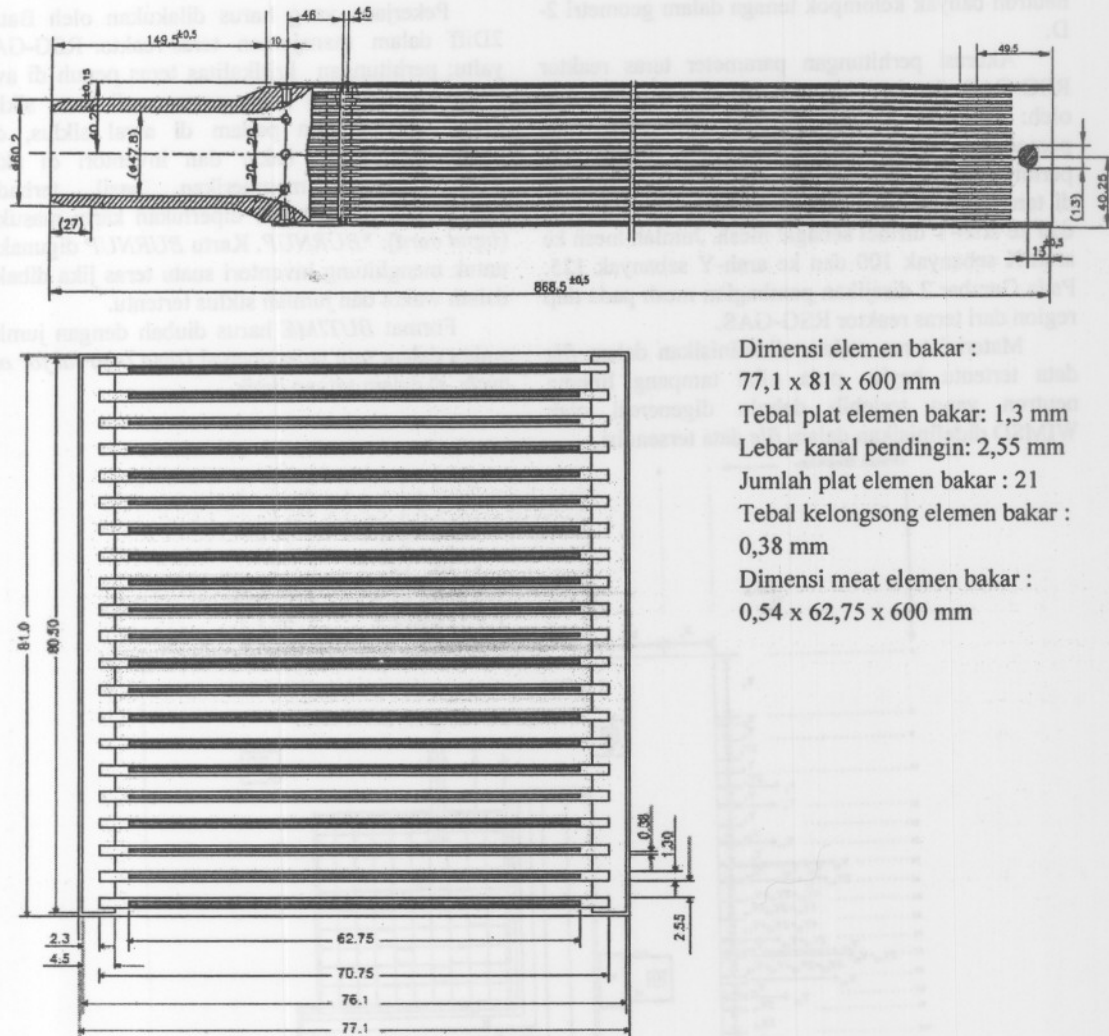
$$S_g(r) = \Sigma_{s,g-1} \rightarrow_g(r) \Phi_{g-1}^{(n)}(r) + \frac{\chi_g}{k_{eff}^{(n-1)}} S_f^{(n-1)}(r) \dots\dots 3)$$

dengan,

- G : number of energy groups.
- g : energy group index.
- r : position.
- Φ_g : neutron flux in group g.
- D_g : diffusion constant for group g ($=1/3\Sigma_{tr,g}$)
- $\Sigma_{tr,g}$: transport cross section for group g.
- $\nu\Sigma_{f,g}$: fission source cross section from group g.
- $\Sigma_{t,g}$: total cross section for group g.
- $\Sigma_{a,g}$: absorption cross section for group g.
- $\Sigma_{s,g' \rightarrow g}$: scattering (transfer) cross section from g' to g.
- χ_g : fission source fraction in group g.
- k_{eff} : effective multiplication constant.

Jadi yang disebut konstanta difusi adalah D_g , Σ_{ag} , $\nu\Sigma_{fg}$, Σ_{fg} , dan $\Sigma_{s,g' \rightarrow g}$. Tahap selanjutnya adalah homogenisasi sel, yaitu memodelkan geometri elemen bakar yang mewakili sel dalam perhitungan teras. Misalnya perhitungan sel dimulai dari memilih satu buah sel yang dapat mewakili satu elemen bakar secara utuh. Karena sifat satu pin elemen bakar mewakili sifat satu bahan bakar penuh jika diasumsikan keduanya dalam bentuk yang tidak terhitung besar.

Dimensi elemen bakar reaktor RSG-GAS (elemen bakar jenis MTR) dan tampang lintangnya ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan perangkat elemen bakar jenis MTR reaktor RSG-GAS

Dalam perhitungan sel,ampang lintang mikroskopis neutron σ , dinyatakan dalam rentang tenaga neutron mulai dari tenaga maksimum (10 MeV) sampai dengan tenaga minimum $1e-5$ eV. Rentang tenaga sebesar itu dinyatakan dalam kelompok-kelompok tenaga yang sering disebut sebagai multi-group. Untuk menghindari lamanya perhitungan secara komputasi maka perhitungan sel dilakukan secara collapsing tenaga neutron dari 69 karakter energi menjadi 4 kelompok energi yaitu dengan batas $8,21e+5$ eV disebut *fast neutron*, sampai tenaga $5,53e+3$ eV disebut *neutron resonance*, sampai tenaga $0,625$ eV disebut *neutron epithermal*, dan dibawah tenaga $0,625$ eV disebut *neutron thermal*.

Sel elemen bakar RSG-GAS dimodelkan dengan SLAB (*cell 6, pin cell with energy condensation*). Daerah (*region*) 21 pelat elemen bakar dimodelkan dalam *multislab* untuk $10\frac{1}{2}$ pelat elemen bakar, sehingga diperlukan 43 kartu SLAB

untuk daerah *meat* (U_3Si_2-Al), *cladding* ($AlMg_2$), dan pendingin (H_2O) ditambah 1 kartu SLAB untuk daerah *extra-region*.

Dengan cara yang sama elemen teras yang lain dibuat modelnya untuk dihomogenisasi dengan WIMS. Material topaz dimodelkan dengan kartu SLAB sebagai daerah yang akan dihomogenisasi. Dalam pemodelan ini target topaz terdiri pengaruh target topaz, air pendingin, kapsul $AlMg$ dan batu topaz. Pemodelan target topaz memerlukan 4 kartu SLAB yang diletakkan berurutan setelah pemodelan sel bahan bakar. Sehingga untuk daerah pengaruh sampai target topaz menggunakan SLAB 45 sampai SLAB 48.

Model Perhitungan dengan Batan-2Diff

Program perhitungan komputer (*code*) Batan-2Diff³⁾ adalah suatu program komputer yang dipergunakan untuk menyelesaikan persamaan difusi

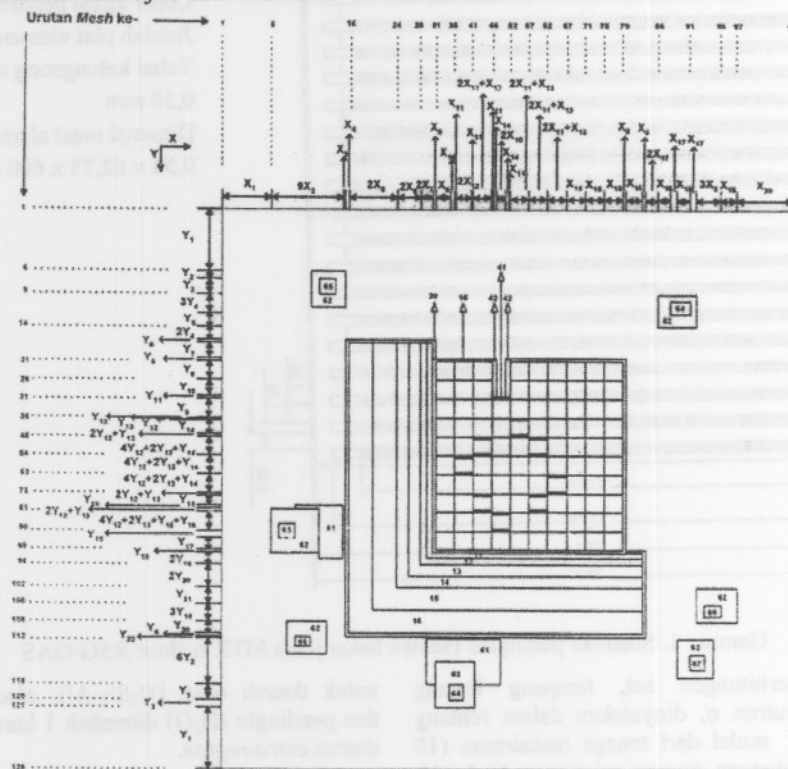
neutron banyak kelompok tenaga dalam geometri 2-D.

Akurasi perhitungan parameter teras reaktor RSG-GAS dengan Batan-2Diff sangat ditentukan oleh: tampang lintang material penyusun teras, pemodelan teras yang detail, dan keakuratan perhitungan fraksi bakar tiap elemen bakar yang ada di teras. Dalam pemodelan, ukuran teras ke arah-X dan ke arah-Y dirinci sebagai mesh. Jumlah mesh ke arah-X sebanyak 100 dan ke arah-Y sebanyak 125. Pada Gambar 2 disajikan pembagian mesh pada tiap region dari teras reaktor RSG-GAS.

Material teras reaktor didefinisikan dalam file data tertentu begitu pula nilai tampang lintang neutron yang terlebih dahulu digenerasi oleh WIMSD didefinisikan dalam file data tersendiri.

Pekerjaan yang harus dilakukan oleh Batan-2Diff dalam manajemen teras reaktor RSG-GAS, yaitu: perhitungan kritikalitas teras penuh di awal siklus, perhitungan kritis pertama di awal siklus, perhitungan margin padam di awal siklus, dan perhitungan fraksi bakar dan inventori di akhir siklus. Untuk memberikan hasil terhadap perhitungan fraksi bakar diperlukan kartu masukan (*input card*): *BURNUP. Kartu BURNUP digunakan untuk menghitung inventori suatu teras jika dibakar dalam waktu dan jumlah siklus tertentu.

Format BUTIME harus diubah dengan jumlah waktu dalam satu teras operasi (*time interval for one cycle, s*) dalam satuan detik.



Gambar 2. Pembagian mesh pada region teras RSG-GAS

Contoh penyusunan material teras dalam Batan-2Diff, seperti yang ditunjukkan dalam data "*MATERIAL ZONE", formatnya nomor 1-70 untuk material tidak dapat belah dan nomor 71-118 diperuntukkan untuk elemen bakar standard (EB) dan kendali (EK).

METODOLOGI

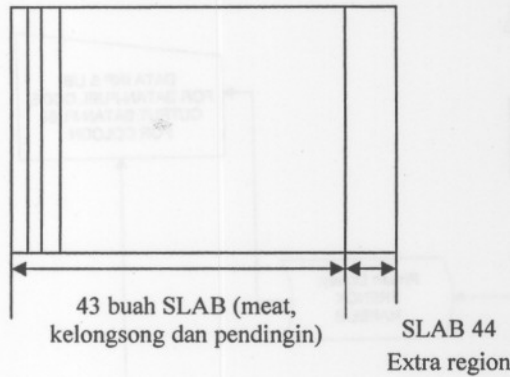
Sebelum menghitung reaktivitas target diperlukan urutan perhitungan yaitu perhitungan homogenisasi dan pemodelan sel, perhitungan dimensi dan komposisi sel dan perhitungan teras.

1. MENJALANKAN PROGRAM WIMSD-5B

Program WIMSD-5B hanya bisa melakukan perhitungan transport neutron satu dimensi, sehingga perlu dilakukan pemodelan sel teras. Pemodelan Sel teras dilakukan untuk membuat konstanta kelompok makroskopik material teras. Nilai konstanta kelompok yang dihasilkan merupakan nilai konstanta kelompok rerata sel yang diperoleh dengan melakukan homogenisasi material sel. Perhitungan konstanta kelompok dilakukan terhadap material penyusun teras maupun material yang akan dimasukkan ke dalam teras, dalam hal ini adalah baru topaz.

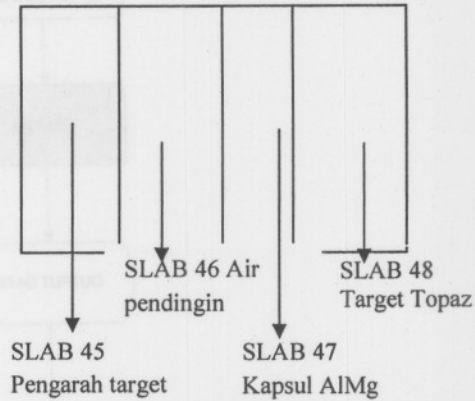
Pemodelan bahan bakar.

Sel bahan bakar reaktor RSG-GAS dimodelkan dengan kartu SLAB. Daerah 21 plat bahan bakar dimodelkan dalam *multislab* untuk 10½ plat bahan bakar. Untuk pemodelan 10½ plat bahan bakar



Gambar 3. Pemodelan Bahan Bakar

diperlukan 43 buah kartu SLAB yang meliputi daerah *meat* (U_3Si_2Al), kelongsong (Al Mg) dan pendingin air (H_2O) ditambah 1 buah kartu SLAB untuk daerah *extra region*. Total kartu SLAB sebanyak 44 buah, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Pemodelan Target Topaz

Pemodelan Target Topaz

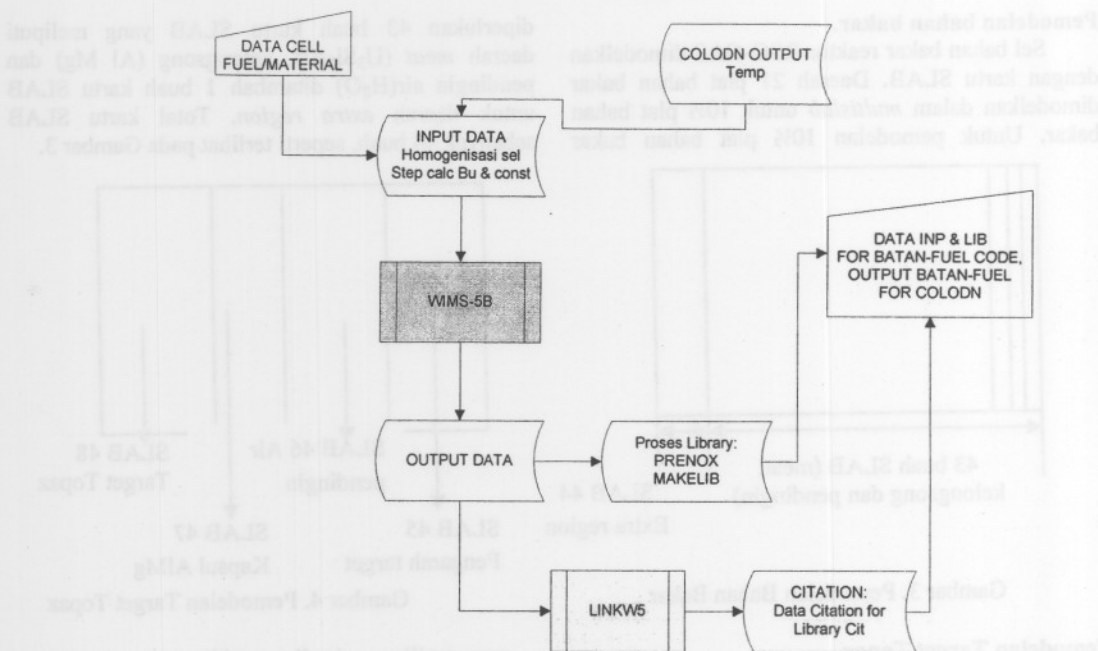
Material topaz dimodelkan dengan kartu SLAB sebagai daerah yang akan dihomogenisasi. Dalam pemodelan ini target topaz terdiri pengarah target topaz, air pendingin, kapsul AlMg dan batu topaz. Pemodelan target topaz memerlukan 4 kartu SLAB yang diletakkan berurutan setelah pemodelan sel bahan bakar. Sehingga untuk daerah pengarah sampai target topaz menggunakan SLAB 45 sampai SLAB 48, seperti terlihat pada Gambar 4.

Langkah-langkah pembuatan konstanta kelompok difusi:

- a. Menyiapkan *file input* berekstensi "...INP" untuk program WIMSD-5B yang berisi data geometri, jumlah plat, pengelompokan energy neutron, jumlah mesh, jumlah material (data target topaz), penyusun, suhu material, unsur-unsur penyusun material serta perintah untuk

menampilkan hasil perhitungan konstanta kelompok difusi daerah yang dihomogenisasi.

- b. Menjalankan program WIMSD-5B. File-file yang harus ada satu folder untuk menjalankan program WIMSD-5B antara lain WIMSD-5B.EXE, RUN.BAT, TNT.EXE, INPUT.INP dan LIBENDF7.FILE. Diagram alir pemrosesan data neutronik dengan program WIMSD-5B seperti pada Gambar 5.
- c. Mengambil hasil perhitungan konstanta kelompok difusi dari file OUTPUT.OUT serta menyusunnya dalam format CITATION dengan bantuan program links5prsg.exe serta memberi indeks material 123 (> 118) sehingga menghasilkan keluaran berupa file topazlr.cit.
- d. Menyalin isi file topazlr.cit ke file pustaka yang sudah ada (BOC650AL.CIT) untuk selanjutnya diberi nama BOC650AL+ TOPAZ.CIT.



Gambar 5. Diagram alir pemrosesan data neutronik dengan *code* WIMSD-5B

2. MENJALANKAN PROGRAM BATAN-2DIFF.

Untuk memperoleh harga reaktivitas yang diinginkan, hasil perhitungan sel pada paket program WIMSD-5B berupa harga tampang lintang makroskopik menggunakan paket program BATAN-2DIFF dengan format citation. Kemudian pada program BATAN-2DIFF kolom D-9 diganti dengan target topaz dengan indek material 123. Dan BOC650+TOPAZ.CIT sebagai masukkan cit.

Harga reaktivitas topaz adalah hasil dari perhitungan reaktivitas dengan target topaz dikurangi dengan hasil perhitungan tanpa topaz.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model masukan program WIMSD-5B ditunjukkan pada Lampiran 1. Berikut ini merupakan perhitungan perhitungan yang dilakukan oleh program WIMSD-5B: volume masing-masing mesh, tampang lintang difusi, tampang lintang serapan, fluks neutron pada 48 region/slab, tampang lintang difusi, tampang lintang serapan, fluks neutron pada sel berdasarkan 69 kelompok tenaga neutron, tampang lintang hamburan rata-rata tiap kelompok tenaga neutron dan tampang daerah yang dihomogeniasi untuk seluruh model sel dari SLAB 1 sampai SLAB 48.

Hasil perhitungan tampang lintang daerah yang dihomogeniasi dapat dilihat pada Lampiran 2.dari

Lampiran 2 dapat diketahui bahwa perhitungan tampang lintang mula-mula dilakukan secara keseluruhan dari SLAB 1 sampai SLAB 48. Kemudian dengan kartu MOMOD 44 48 dilakukan pengelompokan tampang lintang menjadi 2 kelompok yaitu kelompok pertama berisi tampang lintang SLAB 1 sampai SLAB 44 dan kelompok kedua berisi tampang lintang SLAB 45 sampai SLAB 48. Pengelompokan ini dilakukan untuk mendapatkan tampang lintang material non fisil terpisah dari tampang lintang fisil.

Format tampang lintang material non fisil yang dihasilkan program WIMSD-5B tidak bisa langsung digunakan sebagai *library* program BATAN-2DIFF, oleh sebab itu harus dirubah dulu ke dalam format CITATION dengan bantuan program link5prsg.exe. Dalam hal ini konstanta kelompok difusi target topaz diberi nomor 123. Setelah konstanta kelompok difusi target topaz tersusun dalam format *citation* dan terpisah dalam file TOPAZALR.CIT, isi file kemudian disalin ke file pustaka BOC650+TOPAZAL.CIT. Selanjutnya diacu oleh program batan-2diff pada perhitungan kekritisn tingkat teras reaktor untuk menghitung perubahan reaktivita akibat pemasukan target topaz dalam teras RSG-GAS. Hasil perhitungan reaktivitas tanpa topaz dengan program BATAN-2DIFF dapat dilihat pada Tabel 1. Dan hasil perhitungan reaktivitas dengan topaz dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil perhitungan reaktivitas tanpa topaz

NO	URAIAN	HASIL
1	K Eff (Interation)	1.102546
2	K Eff (Neut.Bal)	1.102543
3	K Eff (Eigenvalue)	1.102546
4	Reactivity (%)	9.30084
5	Rel. Err. of K Eff	5.92146E-07

Tabel 2. Hasil perhitungan reaktivitas dengan target topaz

NO	URAIAN	HASIL
1	K Eff (Interation)	1.1034475
2	K Eff (Neut.Bal)	1.1034444
3	K Eff (Eigenvalue)	1.1034474
4	Reactivity (%)	9.37494
5	Rel. Err. of K Eff	1.736275E-07

Harga reaktivitas topaz adalah hasil dari perhitungan reaktivitas dengan target topaz dikurangi dengan hasil perhitungan tanpa topaz. Sehingga hasil reaktivitas topaz adalah = $9,37494\% - 9,30084\% = +0,07410\%$. Hasil ini masih di bawah harga reaktivitas di Laporan Analisis Keselamatan yang dipersyaratkan yaitu iradiasi satu target maksimum $\pm 0,5\%$.

KESIMPULAN

Pemodelan sel target batu topaz dan perhitungan yang dilakukan dengan bantuan program WIMSD-5B telah menghasilkan konstanta kelompok difusi yang siap untuk diacu program BATAN-2DIFF. Program BATAN-2DIFF pada perhitungan kekritisan tingkat teras reaktor untuk menghitung

perubahan reaktivitas akibat pemasukan target topaz dalam teras RSG-GAS didapat hasil $+0,0741\%$ dan harga ini aman di bawah harga reaktivitas yang dipersyaratkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. <http://www.galleries.com/topaz> (31 Oktober 2011).
2. T.M.Sembiring, Penggunaan Paket Program WIMSD5B.12 untuk RSG-GAS, PRSG, April, 2011.
3. Lily Suparlina, Penggunaan Paket Program BATAN-2DIFF untuk RSG-GAS, PRSG, April, 2011

Lampiran 1.

```

*****
*** FUEL ELEMENT U3O8-AL 19.75% ENRCH BERAT U235 250 g ***
*** MULTI PLATE CELL MODEL ***
*** KONDISI: HOT; XE&SM EQUIL ***
*** 17 burn-up step ***
*****
    
```

```

CELL 6
NPLATE 21
SEQUENCE 1
NGROUP 69 0 4 8 0
NMESH 158
NREGION 48 0 48 2
**NREACT 2
NMATERIAL 8,1
PREOUT
INITIATE
    
```

```

*****
*** GEOMETRI CELL PELAT
    
```

```

*** pelat 1
SLAB 1,0.02700,1
SLAB 2,0.06500,2
SLAB 3,0.32000,3
*** pelat 2
SLAB 4,0.35800,2
SLAB 5,0.41200,1
SLAB 6,0.45000,2
SLAB 7,0.70500,3
*** pelat 3
SLAB 8,0.74300,2
SLAB 9,0.79700,1
SLAB 10,0.83500,2
SLAB 11,1.09000,3
*** pelat 4
SLAB 12,1.12800,2
SLAB 13,1.18200,1
SLAB 14,1.22000,2
SLAB 15,1.47500,3
*** pelat 5
SLAB 16,1.51300,2
SLAB 17,1.56700,1
SLAB 18,1.60500,2
SLAB 19,1.86000,3
*** pelat 6
SLAB 20,1.89600,2
SLAB 21,1.95200,1
SLAB 22,1.99000,2
SLAB 23,2.24500,3
*** pelat 7
SLAB 24,2.28300,2
SLAB 25,2.33700,1
SLAB 26,2.37500,2
SLAB 27,2.63000,3
*** pelat 8
SLAB 28,2.66800,2
SLAB 29,2.72200,1
SLAB 30,2.76000,2
SLAB 31,3.01500,3
*** pelat 9
SLAB 32,3.05300,2
SLAB 33,3.10700,1
SLAB 34,3.14500,2
SLAB 35,3.40000,3
*** pelat 10
SLAB 36,3.43800,2
SLAB 37,3.49200,1
SLAB 38,3.53000,2
SLAB 39,3.78500,3
*** pelat 11
SLAB 40,3.82300,2
SLAB 41,3.87700,1
SLAB 42,3.91500,2
SLAB 43,4.04250,3
    
```

```

*** extra region
SLAB 44,4.97618,4
*** daerah yang hendak dihomogenisasi
SLAB 45,6.50684,5
SLAB 46,7.46850,6
SLAB 47,7.69942,7
SLAB 48,9.95236,8
*****
*** KOMPOSISI MATERIAL:
*** T MEAT RATA-RATA = 69.148 oC
*** T CLAD RATA-RATA = 68.52 oC
*** T MODERATOR RAT = 48.12 oC
*** T EXTRA REG. RAT = 48.12 oC
*****
MATERIAL 1 -1 293.15 1 $
                2235 1.50025E-03 $
                8238 6.01895E-03 $
                6239 1.00000E-27 $
                27 3.12531E-02 $
                6016 2.00507E-02
MATERIAL 2 -1 293.15 2 $
                24 1.36127E-03 $
                29 1.72395E-04 $
                3063 1.26989E-05 $
                55 8.81320E-05 $
                2056 1.15597E-04 $
                52 9.31187E-05 $
                48 3.37079E-05 $
                27 5.77226E-02
MATERIAL 3 -1 293.15 3 $
                6016 3.30737E-02 $
                3001 6.61475E-02
MATERIAL 4 -1 293.15 3 $
                24 5.58099E-04 $
                29 3.32123E-04 $
                3063 9.29143E-05 $
                55 1.21162E-04 $
                2056 9.51386E-05 $
                52 4.10691E-05 $
                48 2.34504E-05 $
                27 3.99821E-02 $
                6016 1.01893E-02 $
                3001 2.03786E-02
MATERIAL 5 -1 293.15 3 $
                24 1.85202E-04 $
                29 1.82532E-04 $
                3063 5.50944E-05 $
                55 6.37269E-05 $
                2056 4.47783E-05 $
                52 1.44284E-05 $
                48 1.04458E-05 $
                27 1.77442E-02
MATERIAL 6 -1 293.15 3 $
                6016 3.30737E-02 $
                3001 6.61475E-02
MATERIAL 7 -1 293.15 3 $
                24 2.79408E-05 $
                29 2.75380E-05 $
    
```



```

3063      8.31191E-06 $
55        9.61427E-06 $
2056     6.75556E-06 $
52        2.17677E-06 $
48        1.57593E-06 $
27        2.67701E-03
MATERIAL 8 -1 293.15 3 $
27        5.7000E-3    $
6016     3.8775E-2    $
3001     5.2187E-2    $
19        3.1331E-3    $
29        2.8504E-3
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
$
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
$
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
$
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40
$
41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
$

51 52 53 54 55 56 57 58 59 60
$
61 62 63 64 65 66 67 68 69
S      12
TOLERANCE 0.00001
MESH 2 2 4 2 4 2 4 2 4 2 4 2 4 2 4 2
4 2 4 $
2 4 2 4 2 4 2 4 2 4 2 4 2 4 2 4
2 4 $
2 4 2 4 10 5 3 2 10
POWER 0 0
BUCKLING 1.0e-20 1.0e-20
SUPPRESS 1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,1
BEGINC
VECTOR 5 15 45 69
MOMOD 44 48
THERMAL 24
LEAKAGE 5
DIFFUSION 2
NOBUCKLING
BUCKLING 1.0e-20 1.0e-20
BEGINC

```

HOMOGENEIZED CROSS SECTIONS FOR CELL 1 TO 48

GROUP	FLUX	RAD-DIFF	AX-DIFF	TOT-DIFF	REMOVAL	ABSORPTION	NU-FISS	FISS	TRANSP	TOTAL	
1	1.086704E+01	2.585344E+00	2.585344E+00	2.585344E+00	6.972385E-02	6.866304E-04	8.884946E-04	0.000000E+00	1.289319E-01	1.333269E-01	
2	1.160754E+01	1.317405E+00	1.317405E+00	1.317405E+00	8.474407E-02	3.790831E-04	4.239787E-04	0.000000E+00	2.530227E-01	2.656826E-01	
3	1.116438E+01	8.732917E-01	8.732917E-01	8.732917E-01	8.105616E-02	7.771590E-03	5.752220E-03	0.000000E+00	3.816976E-01	3.851440E-01	
4	2.601629E+01	2.640026E-01	2.640026E-01	2.640026E-01	1.411783E-04	3.464650E-02	4.368415E-02	0.000000E+00	1.262614E+00	1.474836E+00	
OSCATTERING MATRIX (SELFSCATTERING UNCORRECTED)					+	SELFSCATTERING CORRECTED BY TRANSP					TOTAL
	1		2		3		4				
	1	6.291645E-02	6.932916E-02	3.948469E-04	1.190678E-12	5.852141E-02					
	2	0.000000E+00	1.805594E-01	8.473507E-02	9.159114E-06	1.678996E-01					
	3	0.000000E+00	0.000000E+00	2.963162E-01	8.105616E-02	2.928698E-01					
	4	0.000000E+00	0.000000E+00	1.411783E-04	1.440048E+00	1.227826E+00					

HOMOGENEIZED CROSS SECTIONS FOR REGIONS 1 TO 44

GROUP	FLUX	RAD-DIFF	AX-DIFF	TOT-DIFF	REMOVAL	ABSORPTION	NU-FISS	FISS	TRANSP	TOTAL	
1	6.870989E+00	2.375647E+00	2.375647E+00	2.375647E+00	7.512887E-02	8.973882E-04	1.405228E-03	0.000000E+00	1.403126E-01	1.449957E-01	
2	6.951626E+00	1.282482E+00	1.282482E+00	1.282482E+00	8.607453E-02	6.059011E-04	7.079425E-04	0.000000E+00	2.599128E-01	2.885304E-01	
3	5.960026E+00	8.228657E-01	8.228657E-01	8.228657E-01	8.117042E-02	1.396851E-02	1.077512E-02	0.000000E+00	4.050884E-01	4.119645E-01	
4	8.042862E+00	2.857004E-01	2.857004E-01	2.857004E-01	2.461727E-04	8.314801E-02	1.413054E-01	0.000000E+00	1.166723E+00	1.375237E+00	
OSCATTERING MATRIX (SELFSCATTERING UNCORRECTED)					+	SELFSCATTERING CORRECTED BY TRANSP					TOTAL
	1		2		3		4				
	1	6.896943E-02	7.470759E-02	4.214920E-04	8.387351E-13	6.428639E-02					
	2	0.000000E+00	2.018500E-01	8.606544E-02	9.287222E-06	1.732323E-01					
	3	0.000000E+00	0.000000E+00	3.168255E-01	8.117042E-02	3.099495E-01					
	4	0.000000E+00	0.000000E+00	2.461727E-04	1.291843E+00	1.083329E+00					

HOMOGENEIZED CROSS SECTIONS FOR REGIONS 45 TO 48

GROUP	FLUX	RAD-DIFF	AX-DIFF	TOT-DIFF	REMOVAL	ABSORPTION	NU-FISS	FISS	TRANSP	TOTAL	
1	3.996050E+00	3.063919E+00	3.063919E+00	3.063919E+00	6.043030E-02	3.242439E-04	0.000000E+00	0.000000E+00	1.087931E-01	1.132632E-01	
2	4.655916E+00	1.560053E+00	1.560053E+00	1.560053E+00	8.275764E-02	4.042715E-05	0.000000E+00	0.000000E+00	2.136679E-01	2.315694E-01	
3	5.204362E+00	9.504713E-01	9.504713E-01	9.504713E-01	8.092532E-02	6.748873E-04	0.000000E+00	0.000000E+00	3.507032E-01	3.544292E-01	
4	1.797343E+01	2.525732E-01	2.525732E-01	2.525732E-01	9.419476E-05	1.294276E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	1.319750E+00	1.519408E+00	
OSCATTERING MATRIX (SELFSCATTERING UNCORRECTED)					+	SELFSCATTERING CORRECTED BY TRANSP					TOTAL
	1		2		3		4				
	1	5.250869E-02	6.008127E-02	3.490328E-04	1.795826E-12	4.803857E-02					
	2	0.000000E+00	1.487714E-01	8.274870E-02	8.967851E-06	1.308699E-01					
	3	0.000000E+00	0.000000E+00	2.728290E-01	8.092532E-02	2.691030E-01					
	4	0.000000E+00	0.000000E+00	9.419476E-05	1.506371E+00	1.306713E+00					