

## EVALUASI NILAI FRAKSI BAKAR BUANG BAHAN BAKAR RSG – GAS

Abdul Aziz RH, A. Mariatmo  
 Staf Bidang Keselamatan, PRSG-BATAN

## ABSTRAK

**EVALUASI NILAI FRAKSI BAKAR BUANG BAHAN BAKAR RSG-GAS.** Evaluasi nilai fraksi bakar buang bahan bakar bertujuan mengetahui kecenderungan perubahan nilai fraksi bakar buang bahan bakar selama operasi reaktor. Apabila kecenderungan nilai fraksi bakar buang diketahui maka bisa ditentukan rekomendasi yang tepat untuk keselamatan operasi reaktor. Evaluasi dilakukan dengan menghitung perubahan fraksi bakar bahan bakar pada siklus operasi 60 sampai 71 dengan menggunakan program komputer Batan-2Diff yang sudah tervalidasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa fraksi bakar buang tertinggi mengalami penurunan pada siklus operasi 60 sampai 62 dengan nilai masing-masing 54,74%; 54,25%; dan 54,02%. Fraksi bakar buang bahan bakar tertinggi mengalami kenaikan pada siklus operasi 63 sampai 71 dengan nilai masing-masing 54,35%; 55,56%; 55,80%; 56,42%; 57,74%; 57,91%; 57,78%; dan 58,74%. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa fraksi bakar buang tertinggi memiliki kecenderungan untuk mengalami kenaikan seiring beroperasinya reaktor. Kecenderungan kenaikan ini perlu mendapat perhatian pihak operator reaktor dan selanjutnya pengoperasian reaktor harus mentaati manajemen teras agar fraksi bakar buang bahan bakar tertinggi tidak melampaui batas tertinggi yang diizinkan dalam LAK RSG-GAS yaitu 60%.

Kata kunci: evaluasi, fraksi bakar, buang, batas

## ABSTRACT

**EVALUATION OF THE FUEL DISCHARGED BURN-UP FRACTION VALUE OF THE RSG-GAS.** Fuel discharged burn-up value evaluation aim is to identify the trend of changes in fuel discharged burn-up during reactor operation. If the fuel discharged burn-up value trend is known then proper recommendations given for reactor safety operation. The evaluation carries out by calculating the fuel burn-up change of 60<sup>th</sup> to 71<sup>st</sup> cycles using validated Batan-2DIFF computer program. The result shows that the highest discharged burn-up fraction decreased at 60<sup>th</sup> to 62<sup>nd</sup> operating cycles with its value of 54.74%, 54.25%, and 54.02%, respectively. The highest discharged burn-up fraction has increased at 63<sup>rd</sup> to 71<sup>st</sup> operating cycles with its value of 54.35%, 55.56%, 55.80%, 56.42%, 57.74%, 57.91%, 57.78%, and 58.74%, respectively. The evaluation results show that the highest discharged burn-up fraction has a tendency to increase as the reactor operation. The tendency of the increase is necessary to get attention of the reactor operator and then reactor operation must follow the core management in order not to exceed the fuel discharged burn-up limits allowed in the SAR of RSG-GAS, i.e 60%.

Key words: evaluation, burn-up, discharged, limits

## PENDAHULUAN

Keselamatan operasi merupakan hal yang paling diutamakan dalam pengoperasian reaktor RSG-GAS. Untuk menjamin keselamatan operasi reaktor, beberapa parameter yang berkaitan dengan keselamatan operasi harus dijaga agar tidak melampaui batas operasi aman. Salah satu parameter tersebut adalah fraksi buang bahan bakar. Fraksi buang bahan bakar tertinggi untuk elemen bahan bakar RSG-GAS adalah 60%<sup>(1)</sup>. Penentuan nilai fraksi bakar ini bertujuan untuk mempertahankan integritas bahan bakar. Apabila nilai fraksi bakar dilampaui maka dikhawatirkan terjadi *swelling* yang

menyimpang sehingga tidak aman bagi operasi reaktor.

Pemantauan fraksi buang bahan bakar dilakukan setiap pembentukan teras kerja baru. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi apakah fraksi bakar masih berada dalam batas aman untuk operasi atau sudah melampaui batas yang diizinkan. Pemantauan juga ditujukan untuk mengetahui kecenderungan nilai fraksi bakar buang bahan bakar. Apabila kecenderungan nilai fraksi bakar sudah diketahui maka bisa ditentukan tindakan manajemen teras yang tepat sehingga operasi reaktor tetap berjalan dengan aman.

Evaluasi dilakukan dengan menghitung perubahan fraksi bakar dengan menggunakan program komputer Batan-2Diff yang sudah tervalidasi. Program ini akan melakukan perhitungan neutronik parameter-parameter teras yang kemudian dari hasil perhitungan tersebut didapatkan nilai fraksi bakar setiap bahan bakar pada setiap siklus operasi.

## TEORI

### Perhitungan Neutronik RSG-GAS

Perhitungan neutronik dilakukan oleh paket program komputer WIMS-D/4 dan Batan-2Diff. Perhitungan yang dilakukan adalah: penentuan konstanta kelompok difusi, pencarian konfigurasi teras kerja setimbang, distribusi fraksi bakar, kritikalitas, reaktivitas lebih awal dan akhir siklus, distribusi faktor puncak daya, langkah kritikalitas dan neraca reaktivitas.

### Manajemen Teras RSG-GAS

Pola pergantian bahan bakar RSG-GAS mengikuti pola 5/1, yaitu lima buah elemen bakar standar dan satu elemen kendali pada posisi teras tertentu dikeluarkan karena sudah mencapai fraksi buang tertinggi dan diganti dengan bahan bakar segar. Bahan bakar segar pada teras kerja baru dimasukkan pada posisi H-9, H-4, F-3, C-8, C-3 dan A-9. Dengan mengikuti pola pergeseran bahan bakar 5/1, maka fraksi bakar bahan bakar dikelompokkan ke dalam 8 kelas fraksi bakar.

Tabel 1. Pola pergeseran dan penggantian bahan bakar RSG-GAS

Dari	Ke	Dari	Ke	Dari	Ke
H-9	F-10	F-5	F-8	C-7	B-8
H-8	C-4	F-4	F-6	C-6	G-5
H-7	F-7	F-3	C-10	C-5	D-4
H-6	D-10	E-10	B-4	C-4	D-5
H-5	E-5	E-9	G-6	C-3	H-8
H-4	F-9	E-8	D-3	B-9	C-9
G-9	E-8	E-5	A-8	B-8	keluar
G-8	keluar	E-3	A-7	B-7	keluar
G-6	B-7	D-10	G-4	B-5	keluar

G-5	G-8	D-8	keluar	B-4	A-6
G-4	C-7	D-5	H-5	A-9	A-4
F-10	G-9	D-4	E-9	A-8	B-5
F-9	A-5	D-3	C-6	A-7	H-7
F-8	C-5	C-10	E-3	A-6	B-9
F-7	F-4	C-9	D-8	A-5	H-6
F-6	keluar	C-8	F-5	A-4	E-10

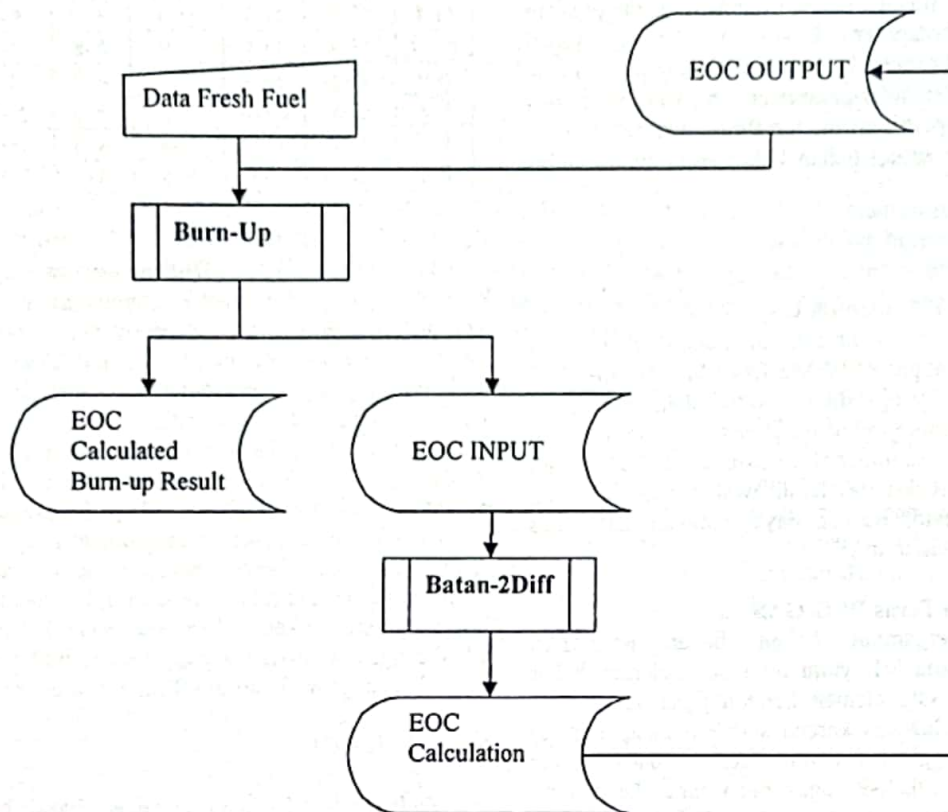
### Program Batan-2Diff

Paket program Batan-2Diff merupakan program komputer yang menyelesaikan persamaan difusi neutron dengan banyak kelompok tenaga dalam geometri dua dimensi. Paket program Batan-2Diff telah teruji keakuratannya melalui beberapa kegiatan verifikasi dan validasi. Validasi paket program Batan-2Diff dengan hasil eksperimen teras pertama reaktor RSG-GAS menunjukkan bahwa dalam penentuan kritis pertama hanya ada perbedaan relatif sebesar 0,2%. Sedangkan untuk penentuan  $k_{eff}$  teras penuh dan reaktivitas padam masing-masing memiliki perbedaan relatif sebesar 1,3% dan 1,7%. Hal ini menunjukkan bahwa konstanta kelompok difusi dengan WIMSD dan penyelesaian perhitungan teras oleh program Batan-2Diff sangat akurat.<sup>[2]</sup>

## METODOLOGI

Langkah-langkah dalam evaluasi fraksi buang bahan bakar RSG-GAS:

- Menyiapkan *file input* program Batan-2Diff dengan nama EOC-Tx.inp, yang meliputi daya, pembagian zona teras, material penyusun teras, tampang lintang, susunan bahan bakar, konstanta derivatif, buckling, dan daya terbangkitkan tiap siklus.
- Menjalankan program Batan-2Diff
- Melihat *file output* dengan nama EOC-Tx.out dan menyalin bagian fraksi bakar bahan bakar akhir siklus x.
- Mengumpulkan data fraksi bakar bahan bakar pada siklus x.
- Mengulangi langkah a sampai d untuk siklus x sampai siklus x + 11.
- Membuat grafik fraksi buang bahan bakar dari siklus x sampai siklus x + 11



Gambar 1. Diagram alir perhitungan neutronik program Batan-2Diff

Tabel 2. Data Desain Teras Kerja RSG-GAS.

<b>Umum</b>	
Tipe Reaktor	Tipe kolam
Tipe elemen bakar	Silisida pengkayaan rendah
Sistem pendinginan	Konveksi paksa
Moderator	H <sub>2</sub> O
Reflektor	Be dan H <sub>2</sub> O
Daya nominal (MW)	30
<b>Karakteristik teras</b>	
Jumlah elemen bakar	40
Jumlah elemen kendali	8
Jumlah penyerap tipe garpu (pasang)	8
Panjang siklus pada daya nominal (hari)	20,5
Fraksi bakar rerata awal siklus (% hilangnya <sup>235</sup> U)	23,70
Fraksi bakar rerata akhir siklus (% hilangnya <sup>235</sup> U)	30,19
Fraksi bakar buang tertinggi pada akhir siklus (% hilangnya <sup>235</sup> U)	60,00
<b>Fuel/Control Element</b>	
Dimensi elemen bakar/kendali (mm)	77,1 x 81 x 600
Ketebalan pelat bakar (mm)	1,3
Lebar kanal pendingin (mm)	2,55

Tabel 2. lanjutan

Jumlah pelat per elemen bakar	21
Jumlah pelat per elemen kendali	15
Material kelongsong bahan bakar	AlMg <sub>2</sub>
Ketebalan kelongsong bahan bakar (mm)	0,38
Dimensi <i>fuel meat</i> (mm)	0,54 x 62,75 x 600
Material <i>fuel meat</i>	U <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> Al
Pengkayaan U-235 (w/o)	19,75
Densitas uranium dalam <i>meat</i> (g/cm <sup>3</sup> )	2,96
Muatan U-235 per elemen bakar (g)	250
Muatan U-235 per elemen kendali (g)	178,6
Material penyerap	Ag-In-Cd
Ketebalan bahan penyerap (mm)	3,38
Material kelongsong penyerap	SS-321
Ketebalan kelongsong penyerap (mm)	0,85

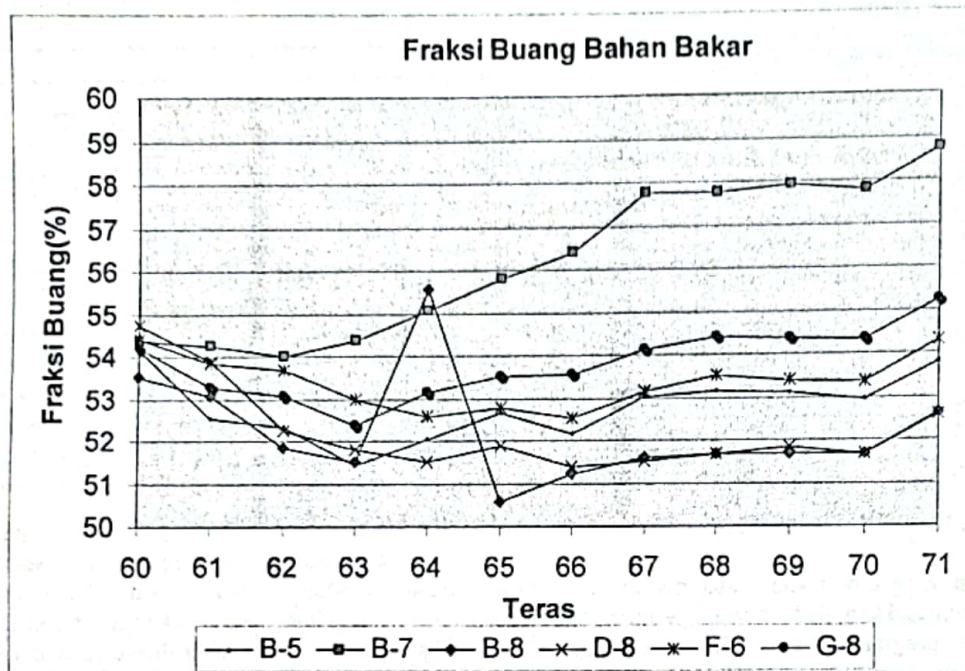
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperlukan untuk perhitungan fraksi bakar dimasukkan pada bagian perintah *\*Burnup*. Setelah program Batan-2Diff dijalankan maka dilakukan perhitungan dan kemudian hasil perhitungan ditampilkan dengan perintah *>Burnup*. Keluaran program Batan-2Diff sebagian isinya bisa

dilihat pada lampiran 2. Pada bagian ini ditampilkan nilai fraksi bakar setiap bahan bakar standar dan elemen kendali setelah dibakar selama satu siklus operasi. Perhitungan dilakukan pada siklus operasi 60 sampai 71. Fraksi bakar lima elemen bahan bakar standar dan satu elemen kendali yang dikeluarkan dari teras dan tidak dipakai lagi bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai fraksi buang bahan bakar dari siklus operasi 60 - 71

Siklus Operasi	Energi (MWD)	B-5	B-7	B-8	D-8	F-6	G-8
60	621,2628	54,16	54,38	53,49	54,74	54,43	54,21
61	682,0021	52,51	54,26	53,04	53,88	53,82	53,26
62	658,2212	52,34	54,02	51,84	52,26	53,66	53,07
63	657,9217	51,42	54,35	51,49	51,81	52,98	52,38
64	638,2451	52,03	55,07	55,56	51,51	52,56	53,16
65	664,4550	52,65	55,80	50,59	51,88	52,78	53,49
66	645,0602	52,15	56,42	51,21	51,40	52,53	53,57
67	659,2780	53,02	57,74	51,58	51,52	53,13	54,11
68	650,3417	53,15	57,74	51,68	51,68	53,50	54,39
69	656,2153	53,12	57,91	51,69	51,82	53,40	54,38
70	652,0814	52,93	57,78	51,68	51,66	53,34	54,33
71	666,1892	53,82	58,74	52,63	52,57	54,28	55,21



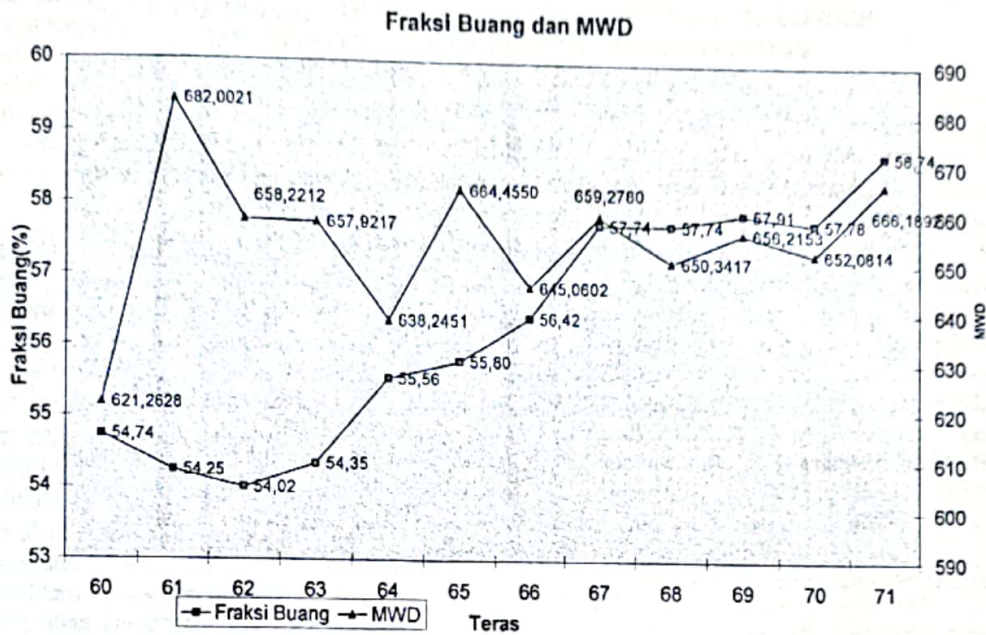
Gambar 1. Grafik Nilai fraksi buang bahan bakar dari siklus 60-71

Dari tabel 3 dan gambar 1 di atas, dapat diketahui kecenderungan fraksi buang bahan bakar RSG-GAS. Lima elemen bahan bakar yang dikeluarkan dari posisi B-5, B-8, D-8, F-6 dan G-8, dari Gambar 1 bisa diketahui mempunyai kecenderungan turun pada siklus operasi 60 sampai siklus operasi 64 dan selanjutnya naik pada siklus 65 sampai siklus operasi 71. Sedangkan fraksi buang elemen kendali memiliki kecenderungan kenaikan mulai siklus operasi 63 sampai siklus operasi 71.

Pada siklus operasi 64, fraksi buang bahan bakar pada posisi B-8 nilainya jauh lebih besar dari fraksi buang bahan bakar pada siklus operasi 63 maupun 65 pada posisi yang sama. Hal ini disebabkan karena pada siklus operasi 63, fraksi bakar bahan bakar sudah mencapai 50,96% dan pada siklus operasi 64 bahan bakar tersebut terbakar lagi sehingga fraksi bakarnya menjadi 55,56%.

Dari gambar 2 diketahui bahwa fraksi buang bahan bakar tertinggi mengalami penurunan pada siklus operasi 60 sampai 62 dengan nilai masing-masing 54,74%; 54,25%; dan 54,02%. Fraksi buang bahan bakar mengalami kenaikan pada siklus operasi 63 sampai 71 dengan nilai masing-masing 54,35%; 55,56%; 55,80%; 56,42%; 57,74%; 57,91%; 57,78%; dan 58,74%. Fraksi buang tertinggi ini terjadi pada elemen kendali pada posisi B-7.

Apabila dilihat kecenderungannya, nilai fraksi bakar buang bahan bakar akan mengalami kenaikan seiring pengoperasian reaktor. Kecenderungan kenaikan ini perlu mendapat perhatian pihak operator reaktor agar selanjutnya pengoperasian reaktor harus mentaati manajemen teras sehingga fraksi bakar buang bahan bakar tertinggi tidak melampaui batas tertinggi yang diizinkan dalam LAK RSG-GAS yaitu 60%.



Gambar 2. Grafik Nilai fraksi buang bahan bakar tertinggi dari siklus 60-71

**KESIMPULAN**

Nilai fraksi bakar buang bahan bakar akan cenderung mengalami kenaikan seiring pengoperasian reaktor. Kecenderungan kenaikan ini perlu mendapat perhatian pihak operator reaktor agar selanjutnya pengoperasian reaktor harus mentaati manajemen teras sehingga fraksi bakar buang bahan bakar tertinggi tidak melampaui batas

tertinggi yang diizinkan dalam LAK RSG-GAS yaitu 60%.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. BATAN, "Laporan Analisis Keselamatan RSG-GAS, revisi 10", (2010)
2. T.M. Sembiring, Deskripsi Paket Program Batan-2Diff, April 2009