

PERHITUNGAN FRAKSI BAKAR ELEMEN BAKAR TERAS KE DUA REAKTOR SERBA GUNA G.A.SIWABESSY

Zuhair, Kun Sutiarmo Ontowiryo, Sri Kuntjoro
Pusat Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

PERHITUNGAN FRAKSI BAKAR ELEMEN BAKAR TERAS KE DUA REAKTOR SERBA GUNA G.A.SIWABESSY. Untuk melakukan perhitungan dan memberikan informasi tentang fraksi bakar dari elemen bakar Reaktor Serba Guna G.A.Siwabessy digunakan program COSIM. COSIM sendiri bersifat sebagai pelengkap program IAFUEL dan COFE. Sebagai simulasi kendali elemen bakar, COSIM mampu memberikan data-data aktual dari elemen bakar berupa energi yang dilepaskan untuk suatu kurun waktu operasi tertentu tanpa harus menyelesaikan satu daur operasi penuh. Total fraksi bakar teras ke dua sebesar 325,897 MWD.

ABSTRACT

SECOND CORE FUEL BURNUP CALCULATION OF G.A.SIWABESSY MULTIPURPOSE REACTOR. The COSIM program is used to calculate and to provide information about the burnup of G.A.Siwabessy Multi-Purpose Reactor fuel elements. COSIM itself is a complementary for IAFUEL and COFE programs. In simulating the fuel element control, COSIM has an ability to give the actual data of fuel elements such as the energy released in a specified time of operation, without having to complete a full operating cycle. The burnup total of second core is 325.897 MWD.

PENDAHULUAN

Fraksi bakar dari elemen bakar adalah salah satu parameter dasar yang harus diperhatikan pada setiap daur operasi.

Untuk memantau kondisi dan status elemen bakar di Reaktor Serba Guna G.A.Siwabessy untuk satu daur penuh digunakan beberapa paket program seperti IAFUEL, COFE dan CREMAT. Namun demikian dalam pelaksanaannya selama komisioning nuklir, Reaktor Serba Guna G.A.Siwabessy beroperasi dengan daya yang berubah-ubah (tidak tetap). Hal ini menyulitkan pengoperasian ke tiga program tersebut untuk dapat memantau data aktual dari fraksi bakar elemen bakar.

Untuk melengkapi kekurangan tersebut, maka dibuatlah program COSIM oleh INTERATOM. Program ini mampu memantau kondisi elemen bakar dengan memasukkan data operasi reaktor dalam suatu kurun waktu tertentu.

Selama operasi teras ke dua, reaktor dioperasikan pada berbagai tingkat daya yang dipergunakan untuk eksperimen dan pengukuran karakteristik reaktor. COSIM telah melakukan perhitungan dan memberi informasi tentang fraksi bakar dari elemen bakar teras ke dua Reaktor Serba Guna G.A.Siwabessy.

TATA KERJA

Untuk mengoperasikan program COSIM diperlukan data masukan dari setiap elemen bakar, yaitu :

1. Dari pita magnetik IAFUEL berupa parameter-parameter berikut :

- massa ^{235}U dalam keadaan *fresh* (segar)

- massa ^{235}U saat awal daur teras (BOC)

- faktor volume relatif untuk setiap elemen bakar

- faktor puncak daya (PPF) dengan seluruh elemen kendali di posisi teratas dan seluruh elemen kendali di posisi terbawah

- faktor konversi ^{235}U dalam g/MWD ke % secara linier dan kuadrat

Contoh data masukan pita magnetik IAFUEL dapat dilihat pada lampiran 1.

2. Dari data operasi reaktor, berupa :

- lama operasi dan tingkat daya

- waktu operasi dan posisi kedalaman batang kendali

Contoh data masukan ini dapat dilihat pada lampiran 2.

Data masukan ini ditulis ke dalam suatu *file* data oleh pemakai melalui *Keyboard* untuk kemudian dibaca oleh program COSIM.

Perintah-perintah kendali (Job Control) yang harus dimasukkan sebelum program COSIM ini dioperasikan antara lain : perintah untuk mem-

baca nama pita IAFUEL yang akan digunakan sebagai masukan, dan perintah untuk membaca nama file data yang berisi data operasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengoperasian program COSIM ini menghasilkan keluaran :

1. Daya rerata harian (Average power) dan Posisi rerata elemen kendali harian (Average control) dapat dilihat pada tabel 1.

2. Untuk tiap-tiap daya rerata dan posisi rerata elemen kendali harian di atas diberikan keluaran yang lebih rinci dari setiap elemen bakar berupa :

- fraksi bakar ^{235}U dalam MWD atau dalam %
- massa ^{235}U tersisa dalam gram
- posisi kedalaman batang kendali
- faktor puncak daya

Selama teras ke dua COSIM telah melakukan perhitungan dan memberikan informasi tentang jumlah energi yang telah dilepaskan reaktor yaitu sebesar 325,897 MWD.

Fraksi bakar untuk setiap elemen bakar dalam % pada akhir teras ke dua dibandingkan de-

ngan perhitungan IAFUEL dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Daya rerata harian dan posisi rerata elemen kendali harian.

Hari ke	Daya rerata (E+01 MW)	Posisi rerata (E+02 mm)
-1	0,298528	2,749940
2	1,133700	2,069820
3	1,260000	1,389710
4	1,260000	0,709589
5	1,228570	0,880196
6	1,260000	2,688570
7	1,250840	2,064680
8	1,232650	1,879030
9	1,038680	1,770600
10	0,982800	2,118400
11	0,982800	2,016250
12	0,982800	1,914110
13	1,060040	1,875990
14	1,145890	1,983070
15	0,446825	1,024210

Tabel 2. Fraksi bakar setiap elemen bakar dalam (%) pada akhir teras ke dua dibandingkan dengan perhitungan IAFUEL

El. bakar/ kendali	Posisi Grid teras	Fraksi bakar (%) Perhitungan COSIM	Fraksi bakar (%) Perhitungan IAFUEL	Deviasi (%)
C 1	C - 8	0.143138E+02	0.14641 E+02	0.22859 E+01
C 2	F - 8	0. 147326E+02	0.15166E+02	0.29418E+01
C 3	C - 5	0.132828E+02	0.13643E+02	0.27118E+01
C 4	F - 5	0.143645E+02	0.14694E+02	0.22938E+01
C 5	E - 9	0.135824E+02	0.13996E+02	0.30451E+01
C 6	D - 4	0.124839E+02	0.12841E+02	0.28605E+01
F 12	D - 5	0.167140E+02	0.16804E+02	0.53847E+00
F 13	C - 9	0.728395E+01	0.73419E+01	0.79558E+00
F 14	F - 9	0.748712E+01	0.78172E+01	0.44086E+01
F 15	D - 8	0.158232E+02	0.15875E+02	0.32737E+00
F 16	C - 7	0.165629E+02	0.16501E+02	0.37373E+00
F 17	C - 6	0.173404E+02	0.17282E+02	0.33679E+00
F 18	C - 4	0.649002E+01	0.67578E+01	0.41260E+01
F 19	E - 6	0.189992E+02	0.18757E+02	0.12748E+01
F 20	F - 7	0.188830E+02	0.18850E+02	0.17476E+00
F 21	E - 5	0.155949E+02	0.15635E+02	0.25714E+00
F 22	F - 6	0.174966E+02	0.17436E+02	0.34635E+00
F 23	E - 4	0.133825E+02	0.13498E+02	0.86307E+00
F 24	D - 9	0.141027E+02	0.14245E+02	0.10090E+01
F 25	D - 7	0.172340E+02	0.16993E+02	0.13984E+01
F 26	E - 8	0.176115E+02	0.17741E+02	0.73531E+00
F 27	F - 4	0.728375E+01	0.73368E+01	0.72833E+00

Dari tabel 2 terlihat adanya perbedaan yang relatif kecil antara fraksi bakar (%) elemen bakar hasil perhitungan COSIM dan fraksi bakar (%) elemen bakar hasil perhitungan IAFUEL.

Perbedaan ini disebabkan karena perhitungan IAFUEL dilakukan secara teoritis dengan menganggap daya reaktor tetap selama satu daur penuh, sedangkan perhitungan COSIM disamping membutuhkan data dari pita IAFUEL, juga data aktual dari operasi reaktor.

Perhitungan COSIM awal dan akhir daur teras ke dua disusun dalam lampiran 4.

KESIMPULAN

Selama teras ke dua jumlah U235 yang terbakar sebesar 411,7 gram yang sebanding dengan

total fraksi bakar sebesar 325,897 MWD. Dengan kata lain, RSG -GAS yang beroperasi dengan melepaskan energi 1 MWD akan menghabiskan U²³⁵ kira-kira 1,26 gram.

Hasil COSIM menunjukkan bahwa pada akhir daur fraksi bakar terbesar terdapat pada elemen bakar F 18/C-4 yaitu 6,49%. Hasil ini sesuai dengan *power peaking* faktor yang mempunyai harga terbesar 1,27 di posisi pusat teras dan harga tersebut semakin mengecil dengan semakin jauhnya posisi dari pusat teras.

Dibandingkan IAFUEL, hasil perhitungan dengan mempergunakan program COSIM dianggap sebagai hasil yang paling benar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Manual IAFUEL dan COSIM, INTERATOM

DISKUSI

P. Ilham Y.:

Tidak ada kecocokan antara judul makalah dengan kesimpulan. Bagaimanakah sebenarnya hal lain yang dapat disimpulkan, misalnya dari *Burn-up*, *power peaking* dll.

Zuhair:

Memang dalam kesimpulan terdapat kekurangan dengan tidak ditampilkannya hasil perhitungan, melainkan hanya kemampuan dari program COSIM dalam melakukan perhitungan dan memberikan informasi tentang fraksi bakar. Hal lain yang perlu ditambahkan dalam kesimpulan adalah: Fraksi bakar ??? (akhir teras II) diposisi E 6. Ini disebabkan karena posisi E 6 terletak di sentral teras dimana fluks -nya tertinggi dibandingkan di tempat lain (dekat dengan posisi iradiasi).

Penjelasan:

1. Program COSIM membutuhkan input data dari pita magnetik IAFUEL dan data aktual dari operasi reaktor.

Energi yang dilepaskan reaktor dihitung dengan mengalikan daya dan lama operasi.

Perhitungan fraksi bakar untuk setiap elemen bakar selain bergantung kepada energi tersebut, juga kepada fraksi volume dan *power peaking* faktor. *Power peaking* faktor itu sendiri merupakan perbandingan fluks neutron di suatu titik mesh di teras dengan fluks rerata teras yang dihitung oleh COSIM dengan memperhatikan jumlah dan kedalaman batang kendali. Oleh sebab itu perhitungan fraksi bakar akan selalu melibatkan pola distribusi fluks neutron.

2. COSIM atau COFE-SIMULATION dibuat oleh INTERATOM dan termasuk satu grup paket dengan IAFUEL. Fungsinya sebagai pengganti COFE.

Lampiran 1.

INPUT-DATEN VON IAFUEL (COFE-BAND)

DATEIKENNUNG = IAFUEL SECOND CORE D2/89

PTH = 13.3000

	FCA	G5F	G5B	VOL	PPFW	PPFO	A1	A2
F 18	0.250290E+03	0.242026E+03	0.100000E+01	0.618424E+00	0.847993E+00	0.130815E+03	-0.179966E+02	
C 3	0.178120E+03	0.160511E+03	0.714286E+00	0.588269E+00	0.932108E+00	0.130810E+03	-0.179751E+02	
F 17	0.250070E+03	0.216834E+03	0.100000E+01	0.121923E+01	0.100070E+01	0.130814E+03	-0.179915E+02	
F 16	0.249960E+03	0.218327E+03	0.100000E+01	0.117913E+01	0.962456E+00	0.130813E+03	-0.179889E+02	
C 1	0.177760E+03	0.158819E+03	0.714286E+00	0.695716E+00	0.988920E+00	0.130807E+03	-0.179634E+02	
F 13	0.250080E+03	0.240472E+03	0.100000E+01	0.904089E+00	0.859105E+00	0.130814E+03	-0.179917E+02	
C 6	0.179020E+03	0.162569E+03	0.714286E+00	0.564794E+00	0.908917E+00	0.130817E+03	-0.180044E+02	
F 12	0.250180E+03	0.218556E+03	0.100000E+01	0.106903E+01	0.104328E+01	0.130814E+03	-0.179940E+02	
F 25	0.247670E+03	0.217619E+03	0.100000E+01	0.169111E+01	0.120497E+01	0.130800E+03	-0.179355E+02	
F 15	0.250480E+03	0.220576E+03	0.100000E+01	0.105497E+01	0.985562E+00	0.130816E+03	-0.180010E+02	
F 24	0.248140E+03	0.221803E+03	0.100000E+01	0.837326E+00	0.897637E+00	0.130803E+03	-0.179465E+02	
F 23	0.246960E+03	0.222162E+03	0.100000E+01	0.817504E+00	0.849407E+00	0.130796E+03	-0.179189E+02	
F 21	0.251350E+03	0.221867E+03	0.100000E+01	0.106461E+01	0.980687E+00	0.130821E+03	-0.180212E+02	
F 19	0.251140E+03	0.216232E+03	0.100000E+01	0.172321E+01	0.122597E+01	0.130820E+03	-0.180163E+02	
F 26	0.248290E+03	0.215372E+03	0.100000E+01	0.110178E+01	0.111672E+01	0.130803E+03	-0.179500E+02	
C 5	0.178990E+03	0.161194E+03	0.714286E+00	0.604853E+00	0.101105E+01	0.130817E+03	-0.180035E+02	
F 27	0.248420E+03	0.238872E+03	0.100000E+01	0.902698E+00	0.851810E+00	0.130804E+03	-0.179530E+02	
C 4	0.179770E+03	0.160803E+03	0.714286E+00	0.746338E+00	0.103934E+01	0.130823E+03	-0.180288E+02	
F 22	0.251440E+03	0.218233E+03	0.100000E+01	0.129730E+01	0.106629E+01	0.130822E+03	-0.180233E+02	
F 20	0.251290E+03	0.215372E+03	0.100000E+01	0.135670E+01	0.115155E+01	0.130821E+03	-0.180198E+02	
C 2	0.177630E+03	0.158431E+03	0.714286E+00	0.660943E+00	0.108118E+01	0.130806E+03	-0.179591E+02	
F 14	0.250150E+03	0.240609E+03	0.100000E+01	0.690850E+00	0.983362E+00	0.130814E+03	-0.179933E+02	

E5B =

0.633939E+01 0.136043E+02 0.257725E+02 0.245124E+02 0.146458E+02 0.737468E+01 0.126996E+02 0.245049E+02 0.232747E+02 0.231541E+02
 0.203642E+02 0.191630E+02 0.228224E+02 0.270863E+02 0.255261E+02 0.137491E+02 0.732916E+01 0.146631E+02 0.257466E+02 0.278820E+02
 0.148479E+02 0.732307E+01

FWROD0 = 0.000000E+00
 FWROD1 = 0.136800E+01
 PERIOD = D2/89

Lampiran 2.

INPUT--*INPUT*--*INPUT*--*INPUT*--*INPUT*--*INPUT*--*INPUT*--*INPUT*--*INPUT*--*INPUT*		
-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X		
74	19	
0.0		
0.0	0.0	1
0.001	0.0067	2
18.321	0.0067	3
18.322	0.0	4
18.323	0.0	5
18.324	12.6	6
24.953	12.6	7
24.954	0.0	8
24.955	0.0	9
24.956	0.5	01
27.456	0.5	1
27.457	0.0	2
27.458	0.0	3
27.459	12.6	4
119.038	12.6	5
119.039	0.0	6
119.04	0.0	7
119.041	0.0013	8
119.124	0.0013	9
119.125	0.504	02
119.658	0.504	1
119.659	12.6	2
130.659	12.6	3
145.244	12.6	4
145.245	9.828	5
145.428	9.828	6
145.429	12.60	7
145.546	12.60	8
145.547	6.30	9
145.814	6.30	03
145.815	12.60	1
153.815	12.60	2
177.815	12.60	3
188.065	12.60	4
188.066	1.26	5
188.266	1.26	6
188.267	12.60	7
191.217	12.60	8
191.218	0.63	9
191.220	0.63	04
191.221	0.504	1
191.404	0.504	2
191.405	8.40	3
191.555	8.40	4
191.556	12.60	5
191.673	12.60	6
191.674	0.0	7
191.675	0.0	8
191.676	8.4	9

Lampiran 3.

115. TAG NACH BEGINN DES ZYKLUS

MITTLERE STELLUNG DER KONTROLLSTAEBE CE(1) - CE(N)

102.42 102.42 102.42 102.42 102.42 102.42

ENERGY(NWD)N-16,THERMAL,AV.FLUX4, DEV. FLUX

4.46825 4.46825 4.46825 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000

SPEZIFISCHE DATEN DER GITTERPOSITIONEN 1 - 100

TYP	U5-BEL. (G)	P-FAKTOR	KS-STELL.(MM)	Z-ABB.(MWD)	ABBR.(MWD)	PROZ.ABB.(%)
F 18	0.234046E+03	0.827547E+00	0.000000E+00	0.616398E+01	0.125034E+02	0.649002E+01
C 3	0.154461E+03	0.901485E+00	0.102421E+03	0.474215E+01	0.183464E+02	0.132828E+02
F 17	0.206707E+03	0.102016E+01	0.000000E+00	0.800359E+01	0.337761E+02	0.173404E+02
F 16	0.208559E+03	0.981754E+00	0.000000E+00	0.770740E+01	0.322198E+02	0.165629E+02
C 1	0.152316E+03	0.962806E+00	0.102421E+03	0.510741E+01	0.197532E+02	0.143138E+02
F 13	0.231864E+03	0.863111E+00	0.000000E+00	0.665851E+01	0.140332E+02	0.728395E+01
C 6	0.156671E+03	0.878268E+00	0.102421E+03	0.461475E+01	0.173144E+02	0.124839E+02
F 12	0.208365E+03	0.104557E+01	0.000000E+00	0.804291E+01	0.325478E+02	0.167140E+02
F 25	0.204987E+03	0.124827E+01	0.000000E+00	0.996977E+01	0.332445E+02	0.172340E+02
F 15	0.210846E+03	0.991744E+00	0.000000E+00	0.766515E+01	0.308193E+02	0.158232E+02
F 24	0.213146E+03	0.892266E+00	0.000000E+00	0.679718E+01	0.271614E+02	0.141027E+02
F 23	0.213910E+03	0.846566E+00	0.000000E+00	0.646948E+01	0.256325E+02	0.133825E+02
F 21	0.212152E+03	0.988162E+00	0.000000E+00	0.764938E+01	0.304718E+02	0.155949E+02
F 19	0.203425E+03	0.127026E+01	0.000000E+00	0.101474E+02	0.372337E+02	0.189992E+02
F 26	0.204562E+03	0.111539E+01	0.000000E+00	0.854572E+01	0.340718E+02	0.176115E+02
C 5	0.154679E+03	0.974873E+00	0.102421E+03	0.510838E+01	0.188575E+02	0.135824E+02
F 27	0.230326E+03	0.856342E+00	0.000000E+00	0.661134E+01	0.139405E+02	0.728375E+01
C 4	0.153947E+03	0.101324E+01	0.102421E+03	0.538395E+01	0.200470E+02	0.143645E+02
F 22	0.207447E+03	0.108686E+01	0.000000E+00	0.852543E+01	0.342720E+02	0.174966E+02
F 20	0.203839E+03	0.116982E+01	0.000000E+00	0.914104E+01	0.370230E+02	0.188830E+02
C 2	0.151461E+03	0.104375E+01	0.102421E+03	0.547777E+01	0.203257E+02	0.147326E+02
F 14	0.231421E+03	0.957310E+00	0.000000E+00	0.710876E+01	0.144318E+02	0.748712E+01

U235-BELADUNG DES KERNS : 4349.1367 (G)

Lampiran 4.

CENTRE FOR MULTIPURPOSE REACTOR
REACTOR PHYSICS DIVISION

FUEL BURNUP CALCULATION OF MPR-30 : SECOND CORE

NO.	FUEL/CONTROL ELEMENT	CORE GRID POS.	U235 MASS AT FRESH [G]	U235 MASS AT BOC [G]	U235 MASS AT EOC [G]	BURN UP (MWD, ENERGY FROM FRESH) BOC	BURN UP (MWD, ENERGY FROM FRESH) EOC	BURN UP (% LOSS OF U235) BOC	BURN UP (% LOSS OF U235) EOC
1	C 1	C-8	0.177760E+03	0.165516E+03	0.152316E+03	0.942931E+01	0.197532E+02	0.688814E+01	0.143138E+02
2	C 2	F-8	0.177630E+03	0.165474E+03	0.151461E+03	0.936059E+01	0.203257E+02	0.684323E+01	0.147326E+02
3	C 3	C-5	0.178120E+03	0.166607E+03	0.154461E+03	0.886191E+01	0.183464E+02	0.646363E+01	0.132828E+02
4	C 4	F-5	0.179770E+03	0.167900E+03	0.153947E+03	0.913707E+01	0.200470E+02	0.660270E+01	0.143645E+02
5	C 5	E-9	0.178990E+03	0.167735E+03	0.154679E+03	0.866097E+01	0.188575E+02	0.628782E+01	0.135824E+02
6	C 6	D-4	0.179020E+03	0.168486E+03	0.156671E+03	0.810311E+01	0.173144E+02	0.588438E+01	0.124839E+02
7	F 12	D-5	0.250180E+03	0.229840E+03	0.208365E+03	0.156837E+02	0.325478E+02	0.812996E+01	0.167140E+02
8	F 13	C-9	0.250080E+03	0.250080E+03	0.231864E+03	0.000000E+00	0.140332E+02	0.000000E+00	0.728395E+01
9	F 14	F-9	0.250150E+03	0.250150E+03	0.231421E+03	0.000000E+00	0.144318E+02	0.000000E+00	0.748712E+01
10	F 15	D-8	0.250480E+03	0.231429E+03	0.210846E+03	0.146818E+02	0.308193E+02	0.760587E+01	0.158232E+02
11	F 16	C-7	0.249960E+03	0.229544E+03	0.208559E+03	0.157435E+02	0.322198E+02	0.816778E+01	0.165629E+02
12	F 17	C-6	0.250070E+03	0.228471E+03	0.206707E+03	0.166638E+02	0.337761E+02	0.863710E+01	0.173404E+02
13	F 18	C-4	0.250290E+03	0.250290E+03	0.234046E+03	0.000000E+00	0.125034E+02	0.000000E+00	0.649002E+01
14	F 19	E-6	0.251140E+03	0.229037E+03	0.203425E+03	0.170555E+02	0.372337E+02	0.880118E+01	0.189992E+02
15	F 20	F-7	0.251290E+03	0.228622E+03	0.203839E+03	0.174952E+02	0.370230E+02	0.902060E+01	0.188830E+02
16	F 21	E-5	0.251350E+03	0.232724E+03	0.212152E+03	0.143504E+02	0.304718E+02	0.741025E+01	0.155949E+02
17	F 22	F-6	0.251440E+03	0.230660E+03	0.207447E+03	0.160252E+02	0.342720E+02	0.826454E+01	0.174966E+02
18	F 23	E-4	0.246960E+03	0.231129E+03	0.213910E+03	0.121863E+02	0.256325E+02	0.641053E+01	0.133825E+02
19	F 24	D-9	0.248140E+03	0.231181E+03	0.213146E+03	0.130595E+02	0.271614E+02	0.683440E+01	0.141027E+02
20	F 25	D-7	0.247670E+03	0.230237E+03	0.204987E+03	0.134276E+02	0.332445E+02	0.703869E+01	0.172340E+02
21	F 26	E-8	0.248290E+03	0.227305E+03	0.204562E+03	0.161883E+02	0.340718E+02	0.845195E+01	0.176115E+02
22	F 27	F-4	0.248420E+03	0.248420E+03	0.230326E+03	0.000000E+00	0.139405E+02	0.000000E+00	0.728375E+01
TOTAL			0.506720E+04	0.476084E+04	0.434914E+04	0.236114E+03	0.558027E+03	0.133743E+03	0.311050E+03

TOTAL ENERGY RELEASE AT SECOND CORE = 0.325897E+03 MWD = 0.244851E+02 FPD
TOTAL U235 LOSS OF MASS IN CORE = 0.718063E+03 [G] = 0.141708E+02 [%]

DATE : 8-JUL-89
TIME : 18:32:00