

## PENYESUAIAN PUSTAKA ORIGEN2 UNTUK RSG-GAS

Mohammad Dhandhang Purwadi

### ABSTRAK

**PENYESUAIAN PUSTAKA ORIGEN2 UNTUK RSG-GAS.** Kode komputer ORIGEN2 adalah paket program komputer untuk menghitung karakteristik nuklida material nuklir yang sangat mudah dioperasikan. ORIGEN2 dipakai secara luas karena itu pustakanya secara intensif telah dimodifikasi untuk berbagai tipe reaktor konvensional. Kini ORIGEN2 telah menjadi alat pendukung utama dalam program safegar bahan nuklir di PPTRR-BATAN, tetapi pustakanya belum disesuaikan dengan kondisi RSG-GAS. Karena itu perlu dilakukan penelitian dengan tujuan menyesuaikan pustaka ORIGEN2 dengan kondisi RSG-GAS. Dalam penelitian ini telah dilakukan penyesuaian pustaka ORIGEN2 terhadap RSG-GAS, meliputi nuklida kelompok aktinida, produk fisi, produk aktivasi dan bahan struktur. Data yang harus disesuaikan total berjumlah 1700 buah nuklida. Pada penelitian ini baru dapat dilakukan penyesuaian terhadap 80 buah nuklida.

### ABSTRACT

**MODIFICATION OF ORIGEN2'S LIBRARIES FOR RSG-GAS.** *The ORIGEN2 code is a versatile computer code for analyzing nuclide characteristics such as nuclide compositions and characteristics in the nuclear materials. The code is used broadly in the world, and the libraries have been adjusted to the conventional reactor types. Today, the code has become the main tool which supports nuclear material safeguard programs in PPTRR-BATAN but its library is not adjusted for RSG-GAS yet. Therefore, the research for adjusting the libraries to RSG-GAS condition must be carried out. The nuclides in the libraries are grouped as actinide, fission product, activation product and structure material. Totally, there are 1700 nuclides of ORIGEN2 libraries that must be adjusted. In this adjusting project, only 80 nuclides have been adjusted.*

### PENDAHULUAN

Kode komputer ORIGEN2 adalah paket program komputer untuk menghitung karakteristik nuklida (komposisi, daya termal dlsb.) material nuklir dengan format yang baik. Selain ORIGEN2 tersedia beragam paket program lain yang cukup canggih. Tetapi paket program ini kebanyakan didisain untuk suatu kepentingan tertentu dan canggih sehingga pengoperasiannya cukup rumit dan kurang praktis. Paket program ORIGEN2, selain pengoperasiannya mudah, dapat mensimulasikan ragam siklus bahan bakar secara luas, dan mengolah data sesuai dengan standar pada paket program komputer fisika reaktor canggih seperti format input yang bebas, format output yang dapat dikendalikan secara fleksibel. ORIGEN2 sangat intensif digunakan untuk menganalisis karakteristik bahan bakar bekas dan limbah nuklir yang merupakan kebutuhan utama dalam mendisain serta mempelajari sistem pengolahan bahan bakar bekas dan alat pengangkutnya.

ORIGEN2 dipakai sangat luas secara internasional, termasuk pula di Pusat Pengembangan Teknologi Reaktor Riset (PPTRR), Badan Tenaga

Nuklir Nasional (BATAN). Karena itu pustakanya (tampang lintang) secara intensif telah disesuaikan untuk berbagai tipe reaktor konvensional seperti PWR, BWR, LMFBR, dan CANDU. Kini ORIGEN2 telah tersedia pada komputer mikro (*Personal Computer*) dan menjadi alat pendukung utama dalam program safegar bahan nuklir (*nuclear material safeguard*) di PPTRR-BATAN. Akan tetapi, pustaka ORIGEN2 belum disesuaikan dengan kondisi Reaktor Serba Guna – G A. Siwabessy (RSG-GAS) yang dioperasikan oleh PPTRR.

Dengan semakin intensifnya pemakaian paket program ORIGEN2 di PPTRR-BATAN, penyesuaian pustaka ORIGEN2 dengan kondisi reaktor GA. Siwabessy telah menjadi suatu kebutuhan yang mendesak. Desakan kebutuhan akan modifikasi ORIGEN2 semakin tinggi sesuai dengan tuntutan terhadap ketelitian hasil perhitungannya yang sangat diperlukan dalam analisis-*analisis* untuk menunjang pelaksanaan program-program PPTRR pada khususnya dan BATAN pada umumnya.

Penelitian mengenai metodologi penyesuaian pustaka ORIGEN2 telah dilakukan pada tahun 1998/1999, dan hasilnya telah dilaporkan dalam acuan [1]. Dalam penelitian ini dilakukan

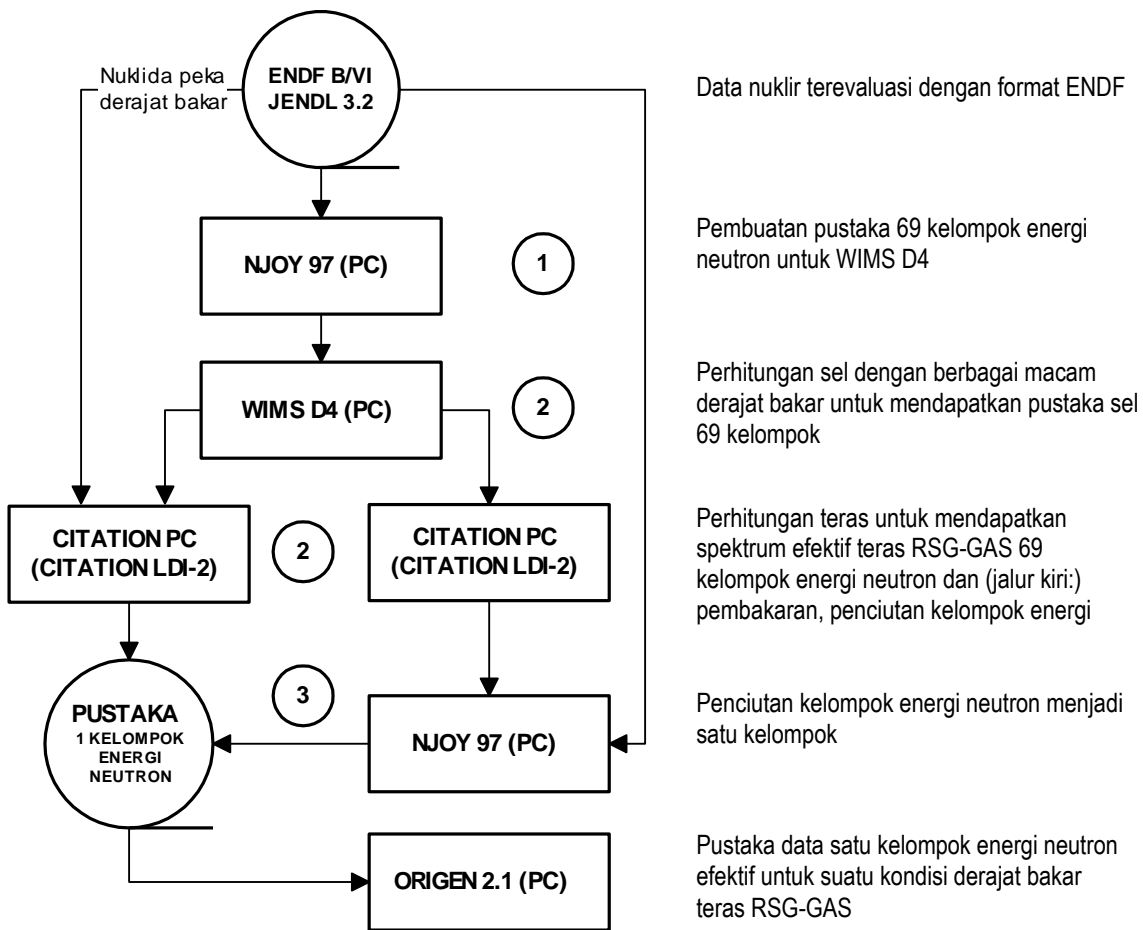
penyesuaian pustaka ORIGEN2 dengan metodologi yang sesuai dengan yang dilaporkan pada acuan [1] tersebut. Kode komputer yang digunakan dalam penelitian ini adalah NJOY97 (PC) untuk pemrosesan awal (dan akhir) data ENDF B/IV dan JENDL 3.2 (sumber data nuklir yang dipakai), WIMS D4 (PC) untuk perhitungan sel, dan CITATION untuk perhitungan teras reaktor.

**METODE PENYESUAIAN**

Sesuai dengan acuan [1], metode penyesuaian pustaka ORIGEN2 untuk RSG-GAS terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Pembuatan pustaka dasar
2. Pemodelan RSG-GAS
3. Penyesuaian pustaka ORIGEN2 dengan RSG-GAS.

Langkah tersebut dapat diimplementasikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penyesuaian pustaka ORIGEN2 untuk RSG-GAS

Dalam gambar diagram alir di atas, terlihat bahwa tahap pembuatan pustaka dasar dilakukan dengan mengolah data nuklir terevaluasi, yaitu ENDF B/VI dan JENDL 3.2, dengan kode komputer NJOY 97 (PC). Kemudian tahap pemodelan teras reaktor RSG-GAS diwakili oleh perhitungan sel dengan menggunakan WIMS D4 (PC) dan perhitungan teras dengan menggunakan CITATION PC (CITALDI-2). Di dalam Gambar 1

tahap penyesuaian pustaka untuk RSG-GAS terbagi menjadi dua jalur. Jalur kiri adalah untuk nuklida yang sangat peka (dipengaruhi) terhadap derajat bakar, biasanya untuk nuklida dari golongan aktinida. Pada jalur ini pustaka efektif satu kelompok energi neutron akan sangat terpengaruh oleh kondisi derjat bakar, karena itu pustaka dibuat untuk masing-masing derajat bakar yang dikehendaki. Hal ini akan sangat berguna

untuk analisis daur ulang bahan bakar dari RSG-GAS. Jalur kanan dilakukan untuk nuklida yang tidak peka terhadap kondisi derajat bakar, karena itu penciutan dapat dilakukan dengan NJOY 97 (PC) yang menggunakan spektrum efektif 69 kelompok energi neutron sebagai fungsi pembobotnya.

### URUTAN PEKERJAAN

Dalam bagian metodologi telah dikemukakan diagram alir dari kegiatan penyesuaian pustaka

ORIGEN2 untuk RSG-GAS. Berikut ini akan diuraikan secara detail dari langkah-langkah nyata pekerjaan tersebut.

### Pembuatan Pustaka Dasar

Dalam pembuatan pustaka dasar ini, tampang lintang yang dibutuhkan dibangkitkan dengan kode komputer NJOY 97 (PC). Jumlah kelompok energi neutron

K	BS+59	B-29	B-30	PRTF	B-20	B-13	B-8	BS+10	B-5	B-2
J	BS+58	BS+58	B-22	PRTF	B-21	B-23	B-24	B-4	BS+52	B-15
H	B 26	F 50	F 258	F 239	F 242	F 238	F 51	B 19	B-17	BS+51
G	B 16	F 247	F 221	AL 4	C 193	F 227	F 223	B 40	BS+57	B-14
F	F 256	F 255	C 209	F 235	F 219	C 248	F 230	F 260	B-32	PNRA
E	F 250	C 200	F 241	AL 6	AL 3	F 234	AL 8	F 254	B-34	HYRA
D	F 236	AL 2	F 220	AL 5	AL 7	F 244	C 201	F 240	B-36	HYRA
C	F 259	F 228	C 249	F 233	F 231	C 207	F 251	F 224	B-37	HYRA
B	BS+54	F 232	F 222	C 186	AL 1	F 218 3	F 245	B 6	B-11	HYRA
A	B 10	F 225	F 229	F 243	F 237	F 246	F 257	B 3	BS+56	B-1
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Gambar 2. Teras RSG-GAS (Teras XXXVI), sumber BPTR-P2TRR

sedapat mungkin adalah maksimum. Karena kemampuan kode komputer WIMS D4 hanyalah 69 kelompok, maka pembangkitan dengan NJOY 97 (PC) juga 69 kelompok. Dalam NJOY 97 (PC) telah disediakan opsi perintah khusus untuk membangkitkan tampang lintang dengan format sesuai format WIMS. Dalam pembuatan tampang lintang untuk perhitungan sel dengan WIMS D4, pembuatan pustaka dasar ini tidak perlu dilakukan. Hal ini disebabkan karena dalam paket WIMS D4 dari *Radiation Shielding Information Center* (RSIC) telah tersedia Pustaka Dasar untuk material yang dipakai pada perhitungan sel. Dalam

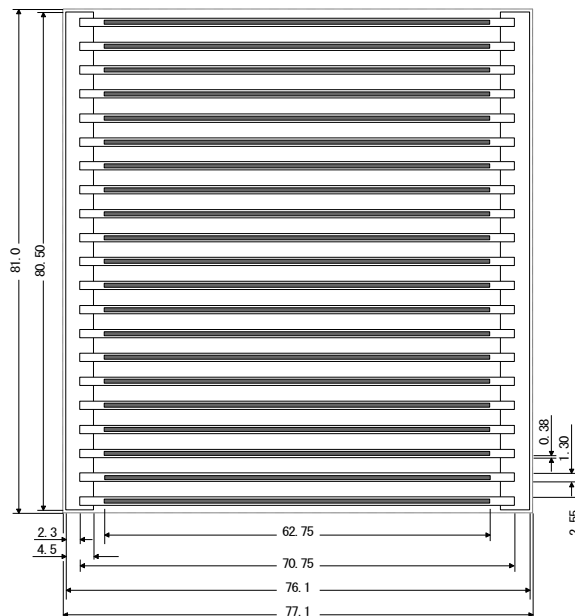
pembuatan pustaka dasar ini kegiatan yang telah dilakukan hanyalah melakukan kompilasi kode komputer WIMS D4 dengan *Compiler* Fortran yang dapat bekerja pada sistem Windows 95 dan Windows NT, dan mengubah pustaka dasar yang tersedia dari format ASCII ke format biner.

### Pemodelan Teras Reaktor

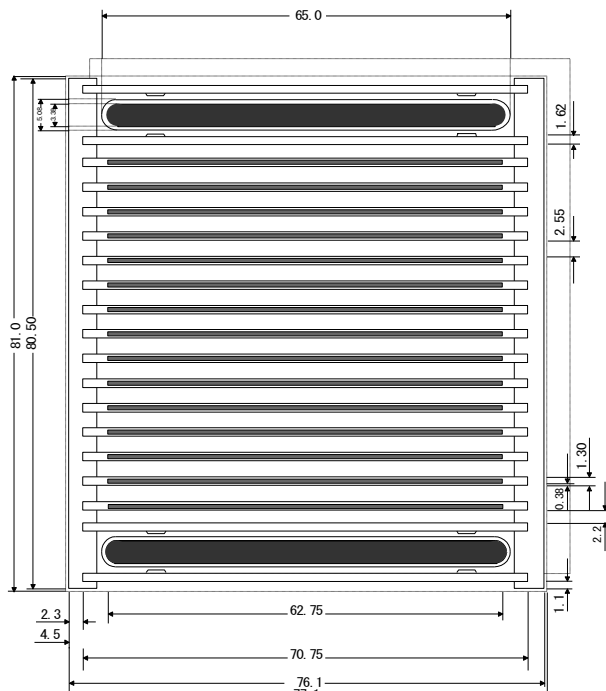
Dalam pemodelan teras RSG-GAS, teras reaktor dianggap tersusun dari sel dua dimensi bergeometri persegi panjang (bentuk fisik yang nyata dari sel ini adalah elemen bakar dan elemen kendali) dengan berbagai komposisi derjat bakar,

seperti terlihat pada Gambar 2. Untuk itu langkah pertama dari perhitungan pemodelan teras RSG-GAS adalah homogenisasi sel yang berupa elemen bakar dan elemen kendali. Dari proses homogenisasi ini akan diperoleh sel homogen dengan tampang lintang yang seragam (tampang lintang satu material). Dalam proses homogenisasi ini sel dibakar untuk berbagai kondisi derajat bakar, sesuai dengan kebutuhan yaitu kondisi teras RSG-GAS yang mempunyai derajat bakar yang beragam. Perhitungan sel dilakukan dengan

menggunakan kode komputer WIMS D4. Dalam perhitungan ini seluruh derajat bakar sel yang akan dipakai dalam perhitungan teras dibuat tampang lintangnya, karena itu masing-masing sel diberi suatu nama untuk materialnya dan mempunyai tampang lintang satu material. Jumlah kelompok energi neutron tidak dicitkan, tetap 69 kelompok. Bentuk dan geometri dari elemen bakar dan elemen kendali RSG-GAS dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



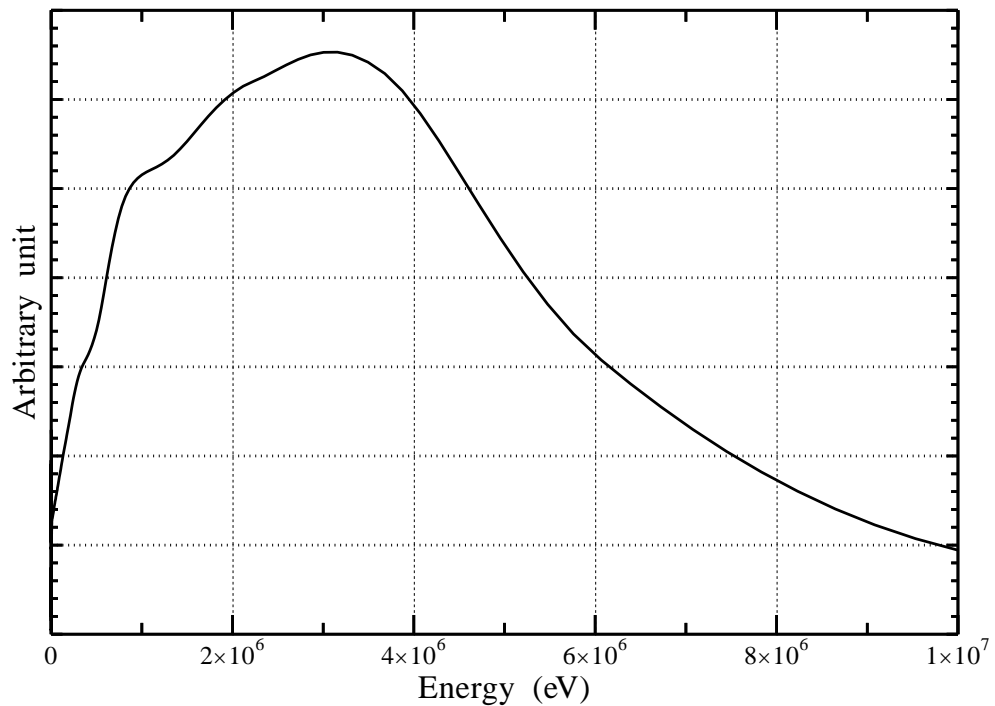
Gambar 3. Bentuk dan geometri elemen bakar RSG-GAS, sumber BPTR-P2TRR



Gambar 4. Bentuk dan geometri elemen kendali RSG-GAS, sumber BPTR-P2TRR

Berikutnya adalah langkah perhitungan teras untuk mendapatkan spektrum efektif teras RSG-GAS 69 kelompok energi neutron. Dalam perhitungan teras, material sel terhomogenisasi yang telah diperoleh pada perhitungan sel disusun sesuai dengan kondisi teras. Kondisi derajat bakar masing-masing elemen bakar dan elemen kendali disimulasikan dengan sel-sel terhomogenisasi yang

sesuai sehingga membentuk satu kesatuan teras penuh. Dalam perhitungan teras dengan menggunakan CITATION PC atau CITATION LDI-2 (CITALDI-2), simulasi teras tersebut dilakukan dengan pemetaan tampang lintang sel yang bersesuaian ke dalam struktur teras masukan CITALDI-2.



Gambar 4. Spektrum teras RSG-GAS

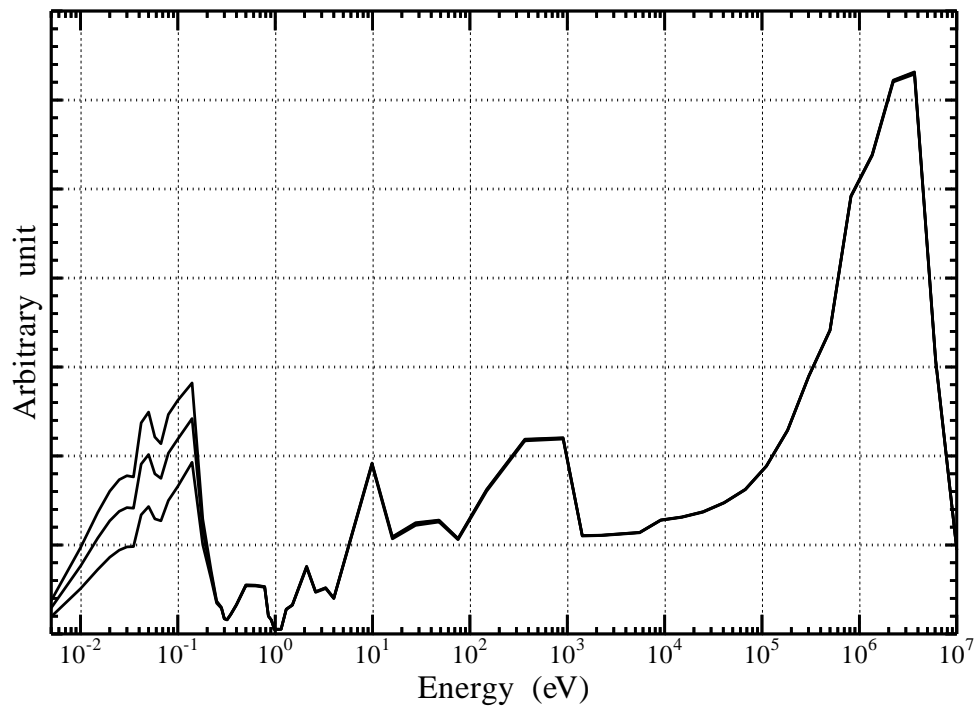
Luaran yang diperlukan dari perhitungan teras ini adalah spektrum neutron yang sesuai dengan kondisi teras nyata (spektrum efektif). Spektrum efektif ini akan berubah dengan kondisi derajat bakar teras. Perubahan spektrum dan komposisi teras akan dapat mempengaruhi tampang lintang, terutama untuk nuklida kelompok aktinida. Dalam perhitungan siklus bahan bakar yang akurat perubahan spektrum dan komposisi material karena pembakaran harus diperhitungkan. Karena itu pada perhitungan seperti itu diperlukan spektrum efektif terhadap kondisi teras nyata dalam arti didalamnya turut pula diperhitungkan kondisi derajat bakar dan komposisinya.

#### Perhitungan Tampang Lintang

Tujuan dari perhitungan tampang lintang ini adalah mendapatkan tampang lintang mikroskopis efektif teras RSG-GAS satu kelompok energi

neutron yang akan dipakai sebagai pustaka ORIGEN21 (PC).

Hasil perhitungan teras adalah spektrum teras efektif 69 kelompok energi neutron. Untuk nuklida yang tidak peka terhadap kondisi derajat bakar, spektrum teras efektif 69 kelompok ini dapat digunakan oleh kode komputer NJOY 97 (PC) sebagai pembobot untuk membangkitkan tampang lintang satu kelompok dari pustaka terevaluasi ENDF B/VI atau JENDL 3.2. Tetapi untuk nuklida yang peka terhadap derajat bakar, perlu dilakukan pembakaran lagi dalam perhitungan teras dan kemudian dari setiap derajat bakar tersebut akan menghasilkan spektrum neutron efektif teras nyata. Spektrum ini akan digunakan untuk menciutkan jumlah kelompok energi neutron menjadi hanya satu kelompok. Beberapa nuklida yang peka terhadap derajat bakar dapat diperoleh dari acuan [2].



Gambar 5. Pengaruh derajat bakar pada spektrum teras

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan sel dengan menggunakan WIMS D4 (PC) berupa (*group constant*) konstanta kelompok untuk 69 kelompok energi neutron. Konstanta kelompok ini kemudian digunakan untuk perhitungan teras dengan menggunakan CITATION PC (CITATION LDI-2 atau CITALDI-2). Hasil yang diperoleh adalah spektrum neutron seperti terlihat pada Gambar 4. Spektrum ini digambar dalam sumbu linier-linier. Data dari gambar ini diperoleh dari hasil perhitungan teras RSG-GAS yang berupa spektrum diskrit 69 kelompok energi neutron. Spektrum ini kemudian digunakan sebagai masukan dari kode komputer NJOY 97 (PC). Kode komputer ini akan memproses data nuklir terevaluasi (ENDF B/VI dan JENDL 3.2) dari nuklida yang dikehendaki dengan berbagai metode seperti yang dijabarkan dalam acuan [1]. Untuk saat ini nuklida yang telah dapat diproses adalah

80 nuklida seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 dihasilkan dengan proses jalur kanan dari gambar diagram alir (Gambar 1) dalam bab metodologi di atas. Jadi nuklida pada tabel tersebut hanya cocok digunakan dalam teras XXXVI pada awal siklus (*BOC*). Seharusnya dibuat juga pustaka untuk nuklida tertentu yang peka terhadap derajat bakar sesuai jalur kiri pada diagram alir Gambar 1. Karena dengan berubahnya derajat bakar, spektrum teras juga berubah seperti yang ditunjukkan secara ekstrim pada Gambar 5. Gambar 5 diperoleh dari perhitungan teras untuk satu kelompok energi (teras titik) dengan berbagai derajat bakar. Perhitungan ini mungkin dilakukan dalam waktu yang tidak lama. Tetapi bila perhitungan teras harus dilakukan dengan benar, yaitu dengan geometri tiga dimensi dan jumlah kelompok energi neutronnya adalah 69, maka akan dibutuhkan waktu yang mungkin berhari-hari atau bahkan berminggu-minggu.

Tabel 1. Tampang lintang mikroskopis efektif RSG-GAS beberapa nuklida

NUKLIDA	(n, gamma)	(n, 2n)	(n, 3n)	(n, fissi)	(n, gamma)*	(n, 2n)*
Pb-206	2.0400E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Pb-207	5.6400E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Pb-208	3.7800E-05	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Pb-210	3.7880E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Bi-209	4.0500E-03	5.9000E-04	0.0000E+00	1.7800E-06	2.9020E-03	0.0000E+00
Bi-210	4.2200E-03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Po-210	2.3390E-03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E-05	0.0000E+00
Rn-220	1.5500E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Rn-222	5.5800E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Ra-223	1.0010E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.4580E-02	0.0000E+00
Ra-224	9.3610E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Ra-226	6.0300E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	7.6000E-06	0.0000E+00	0.0000E+00
Ra-228	2.7590E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.4960E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
Ac227	4.1010E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.5000E-04	0.0000E+00	0.0000E+00
Th-227	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.4920E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
Th-228	3.3560E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.2800E-02	0.0000E+00	0.0000E+00
Th-229	2.8580E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.3400E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
Th-230	2.2310E+01	4.7990E-03	0.0000E+00	5.8000E-02	0.0000E+00	0.0000E+00
Th-232	2.8900E+00	4.4620E-03	2.4300E-07	2.4000E-02	0.0000E+00	0.0000E+00
Th-233	1.0020E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.1010E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Th-234	1.3060E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	7.6090E-04	0.0000E+00	0.0000E+00
Pa-231	6.4090E+01	3.1900E-03	0.0000E+00	3.6990E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
Pa-232	5.9400E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	5.4500E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
Pa-233	1.2010E+01	1.2890E-03	6.7800E-05	1.5800E-01	1.2200E+01	0.0000E+00
Pa-234*	2.2320E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	3.8870E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
Pa-234	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	3.8950E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
U-230	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.7920E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
U-231	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	3.2000E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
U-232	1.0400E+01	1.7900E-03	9.2400E-06	1.5600E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
U-233	6.9100E+00	2.7700E-03	1.8090E-06	5.5300E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
U-234	2.0570E+01	3.9000E-04	1.3660E-05	4.6300E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
U-235	9.5120E+00	2.5510E-03	1.1600E-06	4.1000E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
U-236	7.6150E+00	2.4890E-03	2.2360E-05	2.0250E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
U-237	3.7830E+01	7.5760E-03	0.0000E+00	6.1360E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
U-238	9.2250E-01	5.1990E-03	4.6570E-05	9.8720E-02	0.0000E+00	0.0000E+00
U-239	2.6000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	2.7000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
U-240	7.8090E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Np-235	1.4370E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.2500E+02	0.0000E+00
Np-236	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.9580E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
Np-237	3.1020E+01	2.7600E-04	2.9500E-06	5.2090E-01	0.0000E+00	7.9800E-04
Np-238	1.4590E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	1.4380E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
Np-239	1.1300E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	4.1650E-01	2.4210E+00	0.0000E+00
Pu-236	1.8510E+01	7.4590E-04	0.0000E+00	1.9380E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
Pu-237	1.8800E+02	0.0000E+00	0.0000E+00	1.8740E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
Pu-238	2.9780E+01	1.1300E-03	9.3150E-06	2.2010E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Pu-239	5.8030E+01	1.0600E-03	8.5400E-07	1.0150E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
Pu-240	1.5030E+02	4.2010E-04	1.0870E-05	5.8910E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
Pu-241	3.4960E+01	7.1010E-03	2.4530E-05	1.0700E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
Pu-242	3.1710E+01	2.4050E-03	2.2980E-05	4.2790E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
Pu-243	1.2430E+01	1.6320E-02	0.0000E+00	2.6030E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
Pu-244	1.1890E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Pu-245	1.5340E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
Am-241	8.3450E+01	3.3910E-04	1.5520E-06	1.0610E+00	2.0810E+01	0.0000E+00
Am-242*	8.4780E+01	5.7290E-03	5.8990E-05	3.9770E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
Am-242	1.7560E+01	5.7280E-03	5.8990E-05	1.5770E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
Am-243	2.4880E+00	2.1390E-04	0.0000E+00	4.0860E-01	4.7200E+01	0.0000E+00
Am-244*	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.2500E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
Am-244	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	1.7960E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
Cm-242	5.7060E+00	5.4640E-05	0.0000E+00	5.3230E-01	0.0000E+00	0.0000E+00



## **KESIMPULAN**

Telah dilakukan penelitian penyesuaian pustaka ORIGEN2 untuk RSG-GAS dengan menggunakan kode komputer WIMS D4 (PC), CITATION LDI-2 (PC) dan NJOY 97 (PC). Data nuklir terevaluasi diperoleh dari ENDF B/VI dan JENDL 3.2.

Penyesuaian pustaka baru dapat dilakukan untuk 80 nuklida dari 1700 nuklida yang dikelompokkan dalam kelompok aktinida, produk fisi, hasil aktivasi dan bahan struktur. Untuk menyesuaikan seluruh nuklida (1700 nuklida) akan

dibutuhkan waktu yang cukup lama terutama untuk perhitungan teras 69 kelompok untuk berbagai kondisi derajat bakar. Disamping itu kendala lain yang akan dijumpai adalah bahwa tidak semua data nuklir dari nuklida yang dibutuhkan tersedia di PPTRR-BATAN (perlu pustaka lain seperti ENDL dan lain sebagainya sebagai pelengkap).

Dalam penelitian ini belum dilakukan pengujian, karena itu pada penelitian berikutnya pengujian terhadap kebenaran pustaka yang telah disesuaikan mutlak untuk dilakukan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. MOHAMMAD DHANDHANG PURWADI, "Metode Penyesuaian Pustaka ORIGEN2 Untuk RSG-GAS", Prosiding Seminar Hasil Penelitian PRSG Tahun 1998/1999, Serpong 4-5 Mei 1999, hal. 195-203, (1999).
2. CROFF, A.G., and BJERKE, M.A., "Revised Uranium-Plutonium Cycle PWR and BWR Models for ORIGEN Computer Code", ORNL/TM-6051, Oak Ridge National Laboratory (1980).