

## ANALISIS PERBEDAAN AKURASI DATA PAKET PROGRAM V.S.O.P'94 AKIBAT MIGRASI LINTAS PLATFORM

Khairina Natsir<sup>1)</sup>, Nursinta Adi Wahanani<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup> Bidang Komputasi, Pusat Pengembangan Informatika Nuklir.  
Batan Tenaga Nuklir Nasional – Serpong  
Kawasan Puspiptek – Gedung 71, Telp (021-7560905)  
Email : [yenny@batan.go.id](mailto:yenny@batan.go.id)

### Abstrak

Dalam suatu komputasi nuklir, ketelitian perhitungan merupakan suatu hal yang mutlak, karena terkait dengan berbagai aspek, misalnya saja aspek energi maksimum yang dapat dibangkitkan atau mungkin aspek keselamatan. Banyak computer application code perhitungan nuklir di Badan Tenaga Nuklir Nasional (Batan) yang diperoleh dari lembaga nuklir internasional yang running well pada mainframe platform. Ketika mainframe platform tidak lagi mensupport litbang Batan, langkah yang dilakukan antara lain adalah melakukan migrasi computer codes yang ada ke microcomputer system yang tersedia saat ini. Prosesor, kompilator dan sistem operasi microcomputer secara nyata jelas berbeda dengan lingkungan asli dari computer code tersebut. Untuk menguji apakah migrasi menimbulkan perbedaan ketelitian yang berarti, telah dilakukan suatu komparasi pada hasil keluaran paket program V.S.O.P'94. Analisis ini dilakukan dengan latar belakang bahwa ketelitian perhitungan sangat urgen dalam perhitungan reaktor nuklir. Pada lingkungan aslinya V.S.O.P'94 dijalankan pada lingkungan DEC ALPHA Workstation dengan sistem operasi VMS menggunakan compiler VAX FORTRAN 6.2 dan telah diujikan pula pada DEC/VAX 6000-510. Pada microcomputer platform prosessor 64 bit dan 32 bit dengan sistem operasi windows Vista dan Windows 7 dengan compiler Fortran G95 aplikasi sudah bias berjalan dengan baik, tetapi perlu dilakukan verifikasi keakuratan komputasinya. Verifikasi ini diperlukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa persen deviasi hasil perhitungan diantara kedua platform tersebut. Tidak ada perubahan yang dilakukan pada program kecuali menambahkan JCL agar program dapat running pada microcomputer platform. Sebagai acuan digunakan data input untuk V.S.O.P'94 yaitu ZUT, GAM dan THERMOS dan hasil perhitungan integral resonance dan kritikalitas sebagai hasil keluaran. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara nilai integral resonance dan kritikalitas sebelum dan sesudah migrasi. Dari hasil tersebut, dilihat dari sisi penggunaan program V.S.O.P'94 pada microcomputer lebih unggul karena dapat digunakan secara lebih meluas, dan memiliki kemampuan dan hasil yang sama dengan versi DEC Alpha Workstation pada perhitungan kritikalitas.

**Kata kunci :** migrasi, deviasi, akurasi, computer codes, V.S.O.P'94

### 1. PENDAHULUAN

Sebagai sebuah institusi riset, Badan Tenaga Nuklir Nasional (Batan) tidak akan mungkin terlepas dari penggunaan paket perangkat lunak aplikasi (*computer codes*) nuklir. *Computer codes* ini sebagian sebagai hasil *inhouse product*, tetapi banyak pula yang diperoleh dari institusi nuklir luar negeri. VSOP'94 atau disingkat VSOP adalah salah satu *computer code* yang didapatkan dari NEA databank. *Software* ini sangat dibutuhkan karena sudah sangat teruji, luas penggunaannya dan terdiri dari berbagai aplikasi nuklir yang saling terintegrasi. *Computer code* VSOP adalah sebuah *source code* yang ditulis dalam bahasa pemrograman Fortran dan *running* pada komputer *mainframe* DecAlpha. Sejalan dengan perjalanan waktu, komputer DecAlpha saat ini sudah tidak lagi digunakan di Batan. Komputer mikro seperti PC dengan harga yang sangat murah dan mempunyai kemampuan yang tidak kalah dengan komputer *mainframe* lebih banyak dipilih sebagai penunjang kegiatan sehari-hari. Konsekuensinya adalah banyak *computer codes* yang tadinya *running* di DecAlpha tidak bisa digunakan begitu saja di komputer PC. Sementara itu perangkat lunak aplikasi nuklir yang berbasis PC belum banyak tersedia. Salah satu usaha yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan komputasi fisika reaktor adalah dengan melakukan migrasi *computer codes* tersebut ke lingkungan komputer micro. Migrasi dari satu platform ke platform lain seringkali menimbulkan masalah. Masalah yang terjadi berbagai-bagai bentuknya, misalnya saja platform baru tidak kompatibel, output tidak sesuai dengan yang seharusnya, dan lain sebagainya. Batan sebagai sebuah institusi nuklir tentu menempatkan kebenaran dan keakuratan perhitungan sebagai suatu prioritas karena menyangkut banyak aspek, misalnya saja aspek keselamatan. Makalah ini bertujuan untuk menginvestigasi seberapa besar pengaruh migrasi VSOP'94 pada akurasi keluarannya untuk menguji kelayakan pakai program tersebut. Pemilihan variable resonance integral pada paper ini karena hasil perhitungan resonance integral merupakan suatu *preprocessor* yang berperan sebagai input yang sudah harus benar untuk digunakan pada *processor* program VSOP. Selain itu dalam paper ini variable kritikalitas  $k_{eff}$  juga dipilih karena  $k_{eff}$  merupakan nilai penting dalam aspek neutronik untuk melihat kelayakan operasi reaktor.

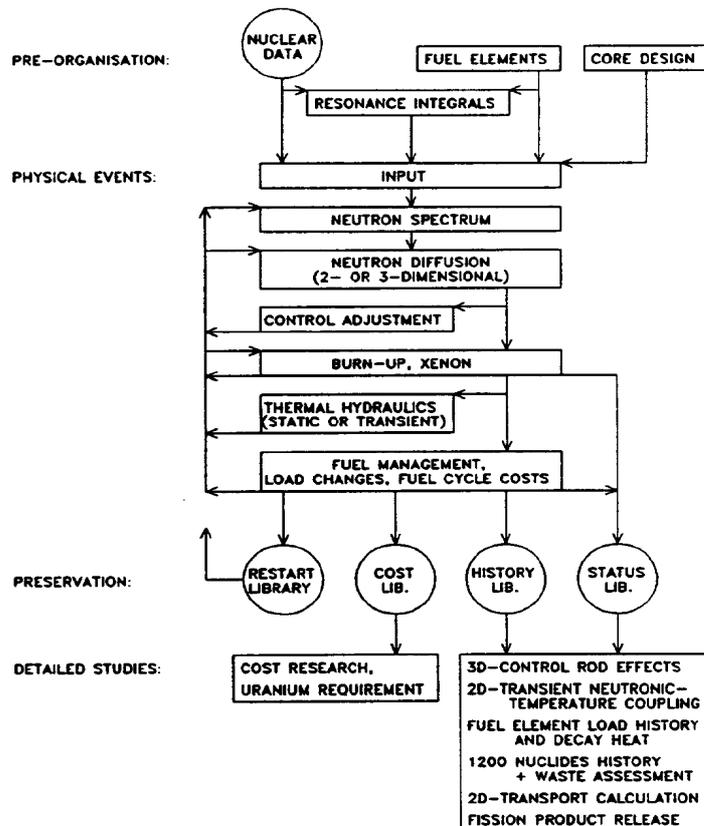
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### V.S.O.P (Very Superior Old Program)

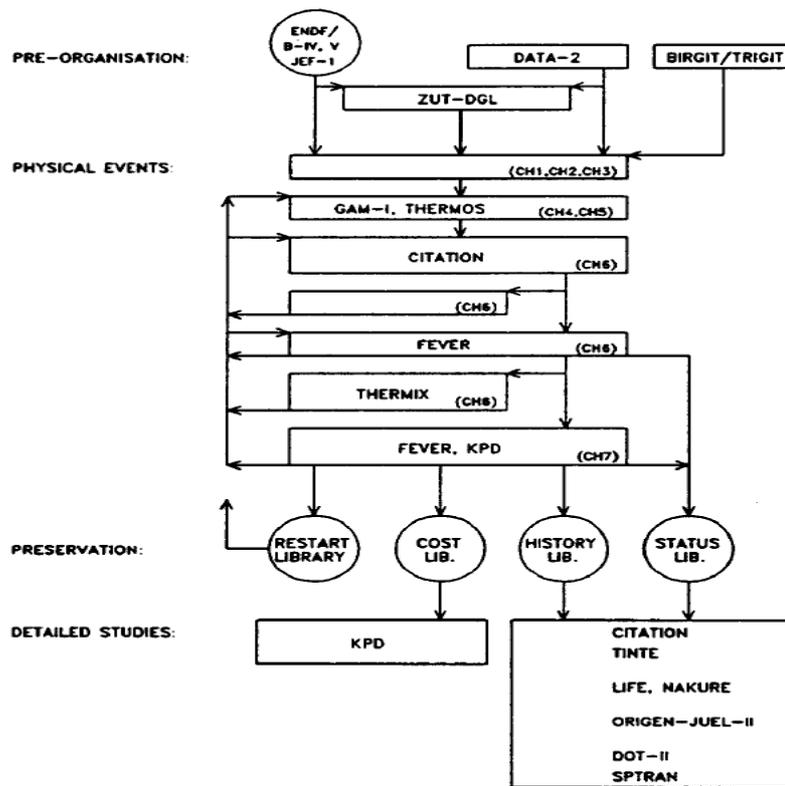
VSOP (Very Superior Old Program) adalah suatu kode sistem yang sangat *proven* yang saling terintegrasi untuk simulasi numerik dari performansi fisika reaktor nuklir. VSOP mampu menghitung penaksiran spektrum neutron, daur bahan bakar, difusi 2-D, integral resonance, perkiraan biaya bahan bakar reaktor, dan termal hidrolis. VSOP juga dapat digunakan untuk studi perbandingan reaktor dan simulasi keselamatan. VSOP adalah sistem kode komputer yang terhubung bersama untuk melakukan simulasi numerikal reaktor nuklir fisika. Program ini juga dapat digunakan untuk semua jenis reaktor termal, termasuk reaktor berukuran kecil yang dikembangkan untuk modular pembangkit listrik atau pemanfaat energi panas. Proses perhitungan yang dapat dilakukan VSOP yaitu, perencanaan disain reaktor, bahan bakar, penaksiran spectrum neutron, perhitungan difusi 2 atau 3 dimensi, daur bahan bakar, perkiraan biaya bahan bakar, dan termal hidrolis. Kode VSOP mampu mengikuti riwayat hidup reaktor dari pertama kali aktif sampai berlangsung ke fase *equilibrium cycle*. Pengulangan perhitungan dapat dilakukan pada ciri fisi yang berbeda untuk menjamin efek umpan balik selama perbedaan periode pembakaran, penggantian bahan bakar, dan perubahan tingkat tenaga. Karakteristik riwayat hidup reaktor dapat disimpan untuk perhitungan fungsi kerusakan tenaga pada bahan bakar. Program VSOP ini telah dikembangkan untuk HTR dengan bahan bakar bola, yang mencakup berbagai fitur dari reaktor tipe HTR *pebble-bed*. Di samping digunakan pada HTGR berbendingin gas, program VSOP ini juga secara luas telah digunakan untuk studi banding dari berbagai reaktor seperti LWR dan HWR

Program komputer ini dapat digunakan secara langsung pada semua tipe reaktor termal, termasuk reaktor ukuran kecil/menengah (SMR) yang sedang dikembangkan dalam bentuk modular atau untuk penggunaan panas secara langsung.

Tahapan proses simulasi dalam VSOP dan program utamanya secara umum dapat dilihat dari gambar 1 dan gambar 2. dibawah ini :



Gambar-1: Proses Simulasi dalam VSOP



Gambar-2: Program Dasar VSOP

Beberapa parameter input yang digunakan untuk Fuel element design dapat dilihat pada table 1. dibawah ini:

Tabel 1. Data Fuel Element

Fuel Coating-Layers				
Coating Layers	Thickness (cm)	Density (G/CC)		
PYC	0.95000E-02	0.10500E+01		
PYC	0.40000E-02	0.19000E+01		
SI	0.35000E-02	0.31800E+01		
PYC	0.40000E-02	0.19000E+01		
Coating Particle				
GAMNO	ISOTOP	AT/CM*BARN	PARTICLE	COATING
5	C	0.52824E-01	0.00000E+00	0.72098E-01
10	U-35	0.95599E-05	0.23211E-02	0.00000E+00
12	U-38	0.86039E-04	0.20890E-01	0.00000E+00
23	O	0.19120E-03	0.46422E-01	0.00000E+00
26	SI	0.21426E-03	0.00000E+00	0.99479E-02
	VOLUME		0.65450E-04	0.34227E-03
Spherical Elements				
Density C-Matrix (G/CC)		0.17500E+01		
Density C-Shell (G/CC)		0.17500E+01		
Density C-Dummy Elements(G/CC)		0.00000E+00		
Radius Of Fuel-Zone (Cm)		0.25000E+01		
Radius Of Ball (Cm)		0.30000E+01		
Density Hm In Fuel.Z.(G/CC)		0.10695E+00		
Ffactor Cp In Fuel-Zone		0.72682E-01		
Moderation Ratio (C-AT/SM-AT)		0.55255E+03		

Volume Matrix	0.65450E+02			
Shell	0.47647E+02			
Graphite Per Ball Gr	0.19534E+03			
Balls Per KG-HM	0.14286E+03			
Assumed Fima	0.85000E-01			
<b>Z U T - D G - D A T A (DOUBLE.HET)</b>				
SIGPZ	0.10700E+02			
DZERO	0.20890E-01			
SIGM2	0.84444E+01			
R2	0.46000E-01			
R5	0.30000E+01			
H	0.00000E+00			
SI4	0.40361E+00			
ALPH	0.10694E+01			
DIQU2	0.22222E+01			
ABAR	0.25000E-01			
SIGM1	0.00000E+00			
R1	0.25000E-01			
R4	0.25000E+01			
F	0.72682E-01			
SI2	0.36149E+00			
SI5	0.40361E+00			
DIQU1	0.00000E+00			

### Resonance Integral

Resonance Integral merupakan tingkat total penyerapan per inti oleh absorber resonansi. Resonance Integral digunakan untuk menghitung tingkat reaksi neutron pada region energy ephithermal. Formula untuk perhitunga Resonance Integral adalah sebagai berikut:

$$RI = \int_0^{\infty} \sigma_x(u)\phi(u)du \quad (1)$$

dimana:

$\sigma$  = Tampang Lintang Mikroskopis

$\phi$  = Fluks neutron

### Kritikalitas

Salah satu parameter yang penting untuk memahami karakteristik desain adalah kritikalitas teras. Bertujuan untuk menghitung problem *eigenvalue* ( $K_{eff}$ ). Didefinisikan bahwa  $K_{eff}$  adalah perbandingan jumlah neutron pada suatu generasi terhadap jumlah neutron pada generasi sebelumnya (tanpa sumber neutron dari luar), dan dapat ditulis :

$$K_{eff} = \frac{\text{jumlah neutron pada suatu generasi}}{\text{jumlah neutron generasi sebelumnya}}$$

- Bila  $K_{eff} > 1$  maka reaktor disebut dalam kondisi superkritis, dimana populasi neutron didalam teras reaktor terus meningkat sebagai fungsi waktu.
- Bila  $K_{eff} < 1$ , disebut reaktor dalam kondisi subkritik, pada kondisi ini jumlah neutron terus berkurang sebagai fungsi waktu.
- Bila  $K_{eff} = 1$ , disebut reaktor kritis, dimana populasi neutron dalam keadaan seimbang (tetap/ajeg).

Kondisi subkritis biasanya terjadi pada saat penurunan daya (jumlah reaksi fissi) reaktor, sementara kondisi kritis biasanya digunakan untuk membawa reaktor pada kondisi operasi dengan daya (jumlah reaksi fissi) konstan. Sedangkan kondisi superkritis biasanya terjadi pada saat kenaikan daya (jumlah reaksi fissi) reaktor.

Formula untuk perhitungan  $k_{eff}$  adalah sebagai berikut:

$$k_{eff} = f \cdot P_{th} \cdot p \cdot P_f \cdot \eta \quad (2)$$

di mana,

- $\eta$  = banyaknya neutron yang dihasilkan tiap neutron termis yang diserap dalam bahan bakar
- $P_f$  = faktor kebolehjadian tidak bocor neutron cepat.
- $P_{th}$  = faktor kebolehjadian tidak bocor neutron termal.
- $p$  = kebolehjadian bebas resonansi
- $f$  = faktor kegunaan termal
- $k_{eff}$  = faktor multiplikasi efektif

## 2. METODE PENELITIAN

Urutan langkah yang dilakukan adalah :

- a. Menyiapkan data input yang sama dengan VSOP versi DecAlpha.
- b. Mengkompilasi program VSOP menggunakan platform microcomputer (PC) dengan processor 32bit atau 64 bit, sistem operasi Windows 7 dan compiler Fortran G95.
- c. Mengidentifikasi nilai hasil perhitungan untuk variable-variabel resonance integral dan kritikalitas yang ingin dibandingkan, baik pada output keluaran VSOP versi platform DecAlpha dan pada keluaran VSOP versi computer micro
- d. Menghitung penyimpangan nilai atau yang terjadi pada masing-masing variable
- e. Menghitung prosentase penyimpangan rata-rata pada resonance integral dan kritikalitas.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Paket lengkap Program VSOP original terdiri dari banyak file data, modul, dan juga sebuah test output. Test output adalah contoh keluaran dari hasil running program VSOP menggunakan satu case tertentu. Untuk menjalankan VSOP'94 di lingkungan *microcomputer platform* memerlukan tambahan JCL, yaitu semacam *command layer* atau bahasa script yang digunakan untuk mengontrol proses batch. Selain itu tidak dilakukan perubahan apapun di dalam program VSOP'94. Hasil proses dari seluruh proses batch di komputer mikro digunakan sebagai pembanding untuk memverifikasi Test Output VSOP.

Nilai integral resonance yang diperoleh dari keluaran VSOP'94 versi original dan keluaran setelah migrasi ke komputer mikro ditampilkan pada table berikut ini:

**Tabel 5.** Deviasi nilai Resonance Integral sebelum dan sesudah migrasi

Temperatur ( <sup>0</sup> K)	Resonance Integral		Deviasi
	VAX/VMS	PC	
293	9.62E-01	9.62E-01	0.0001%
673	9.71E-01	9.71E-01	0.0001%
973	9.75E-01	9.75E-01	0.0001%
1273	9.79E-01	9.79E-01	0.0000%
1573	9.82E-01	9.82E-01	0.0000%
1873	9.85E-01	9.85E-01	0.0000%
	Rata-Rata		0.00005%

Dari perbandingan kedua keluaran VSOP pada kedua platform yang berbeda, diperoleh rata-rata penyimpangan pada nilai Resonance Integral pada berbagai level temperatur hanya sebesar 0.00005%. Perbedaan ini sangatlah kecil dan tidak berarti. Ini menunjukkan bahwa integral resonance layak t dipergunakan sebagai data input untuk proses VSOP selanjutnya.

Perhitungan  $k_{eff}$  dilakukan dalam modul Citation.  $K_{eff}$  dihitung secara iteratif sesuai siklus bahan bakarnya. Verifikasi dilakukan dengan memilih nilai  $k_{eff}$  pada siklus yang sama pada keluaran di masing-masing platform. Perbandingan hasil keluaran pada kedua platform dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan K-eff sebelum dan sesudah migrasi

CYCLE BURNUP (MWD/THM)	K <sub>eff</sub>		Deviasi
	VAX/VMS	PC	
2.464E-02	1.00644	1.00644	0.000%
9.637E+03	1.00105	1.00105	0.000%
5.110E+03	0.97117	0.97117	0.000%
4.886E+03	0.97117	0.97117	0.000%
4.735E+03	0.97117	0.97117	0.000%
4.647E+03	0.96918	0.96919	0.001%
4.437E+03	0.98961	0.9896	0.001%
4.444E+03	1.00014	1.00013	0.001%
4.444E+03	1.00017	1.00016	0.001%
4.444E+03	1.0002	1.0002	0.000%
2.222E+03	1.00019	1.00019	0.000%
3.787E-02	1.00022	1.00022	0.000%
4.444E+03	1.0002	1.0002	0.000%
2.222E+03	1.00019	1.00019	0.000%
1.894E-02	1.00024	1.00024	0.000%
1.894E-02	0.99831	0.99831	0.000%
1.894E-02	0.99705	0.99706	0.001%
1.894E-02	1.04253	1.04254	0.001%
1.894E-02	1.05184	1.05184	0.000%
4.444E+03	1.0002	1.0002	0.000%
4.444E+03	1.00022	1.00022	0.000%
4.444E+03	1.0002	1.0002	0.000%
2.222E+03	1.00019	1.00019	0.000%
3.787E-02	1.00022	1.00022	0.000%
		<b>AVERAGE</b>	0.0003%

Hasil verifikasi pada nilai parameter pada *original stage* dibandingkan dengan hasil migrasi ke sistem baru hanya berbeda sebesar rata-rata 0.0003% saja. Perbedaan yang sangat kecil ini menunjukkan bahwa perbedaan mesin tidak memberikan pengaruh berarti pada deviasi hasil perhitungan.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil verifikasi program VSOP'94 versi DecAlpha dan komputer mikro untuk perhitungan integral resonance dan k<sub>eff</sub> memberikan kesesuaian yang baik. Perbedaan ketelitian sangat kecil sehingga tidak ada perbedaan yang signifikan antara perhitungan pada platform aslinya dengan hasil perhitungan pada komputer mikro. Dengan demikian pada perhitungan integral resonance dan k-effective program VSOP sudah *running well* dan layak digunakan pada komputer PC yang bersistem operasi Windows.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Duderstadt, James J., and Louis J. Hamilton, 1976, *Nuclear Reactor Analysis*, Wiley, NY
- E. Teuchert, U. Hansen, K.A. Haas, 1990, *VSOP-Computer Code System for Reactor Physics and Fuel Cycle Simulation*, Kernforschungsanlage Jülich, Jül-1649,
- H.J. Rütten, K.A. Haas, H. Brockmann, U. Ohlig, C. Pohl, W. Scherer, 2010, *V.S.O.P. (99/09) Computer Code System for Reactor Physics and Fuel Cycle Simulation; Version 99*, Forschungszentrum Jülich, Jül-4326,
- Rütten, H.J., V. S. O. P. '(94) Computer Code System for Reactor Physics and Fuel Cycle Simulation; Berichte des Forschungszentrums Jülich
- Stacey, WM, 2007, *Nuclear Reactor Physics*, 2<sup>nd</sup> ed, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Trkov, Andrej, 2002, *Validation of Thermal Cross Sections and Resonance Integrals of SG-23 Evaluated Nuclear Data Library*, IAEA, Vienna