

PERHITUNGAN INTEGRAL RESONANSI PADA BAHAN BAKAR REAKTOR HTGR BERBENTUK BOLA DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM VSOP

Elfrida Saragi

PPIN – BATAN

Kawasan PUSPIPTK Serpong, Tangerang Selatan, Indonesia 15310

Email : frida@batan.go.id

Abstrak

Perhitungan resonansi pada bahan bakar reaktor adalah sangat penting karena menyangkut pada keselamatan reaktor. Pada bahan bakar reaktor terjadi proses reaksi fisi dan fusi. Jika neutron menumbuk suatu partikel maka akan terjadi reaksi penangkapan dan penyerapan neutron dan resonansi akibat tumbukan dan mengakibatkan terjadi peningkatan suhu dan energi. Jika suhu semakin tinggi maka diharapkan resonansi absorpsi akan semakin besar ataupun tetap karena meningkatnya suhu, penurunan nilai puncak dan memperluas rentang energi tetapi nilai penurunan hasil cross section dalam penurunan depresi pada fluks neutron di wilayah resonansi. Dalam hal ini diharapkan resonansi absorpsi harus dapat menangkap reaksi yang ditimbulkan karena peningkatan penyerapan penampang dengan suhu bahan bakar meningkat dan hasil resonansi ini akan digunakan untuk menentukan koefisien reaktivitas Doppler. Perhitungan resonansi ini menggunakan VSOP dengan data nuklir menggunakan Gam Lib dan Termal lib dan data inputan menggunakan contoh inputan dari VSOP untuk bahan bakar HTGR (High Temperature Gas Reactor) berbentuk bola dengan bahan bakar UO_2 dengan pengkayaan 10 % dan inputan suhu adalah 293 K. Hasil perhitungan ini diperoleh harga total resonansi integral sebesar 8.19008, integral resonansi sebesar 8.13796 dengan koreksi sebesar 0.521285.

Kata Kunci : VSOP, Integral Resonansi, HTGR, Bahan Bakar Berbentuk Bola

1. PENDAHULUAN

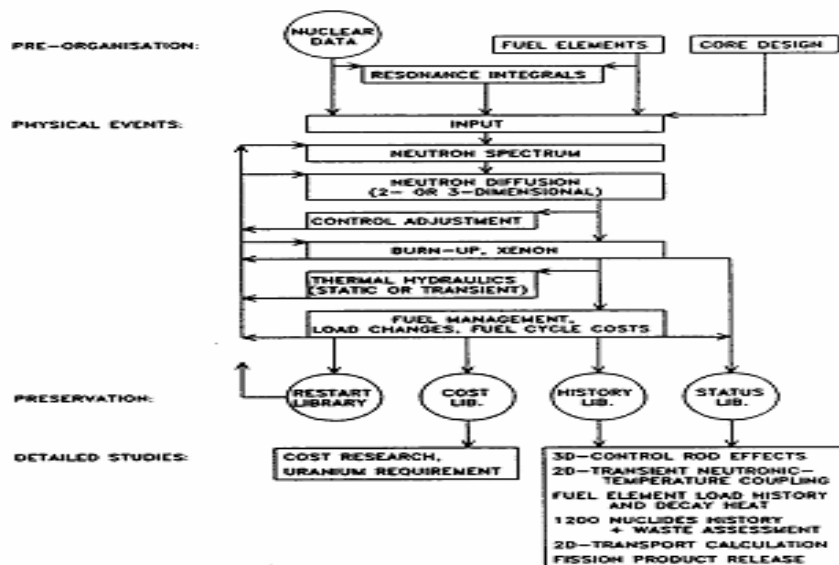
1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan manusia sekarang, hampir semua kegiatan manusia berhubungan dengan energi ini. Seiring dengan perkembangan teknologi dan pertumbuhan populasi penduduk di Indonesia yang semakin tinggi maka permintaan akan energi listrik semakin tinggi. Oleh karena itu berbagai macam upaya dilakukan oleh pemerintah demi memenuhi kebutuhan listrik penduduk Indonesia. Sistem pembangkit listrik di Indonesia sebagian besar menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber panas, yang mana bahan bakar ini tidak dapat diperbaharui. Jika Indonesia tetap menggunakan bahan bakar fosil sebagai tenaga pembangkit listrik, bisa dipastikan cepat atau lambat Indonesia akan mengalami krisis energi listrik. Oleh karena itu pemerintah dituntut melakukan suatu terobosan untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik bagi masyarakat dan sumbernya tersedia dalam jangka waktu panjang. Sebelum dibangunnya fasilitas reaktor nuklir diperlukan persiapan dan perhitungan yang sangat matang untuk mengurangi peluang terjadinya kegagalan sistem dan keselamatan. menggunakan simulasi reaktor nuklir berbasis HTGR menggunakan VSOP. Untuk menghitung resonansi menggunakan data output VSOP terdapat beberapa tahapan yang dilakukan yaitu. pembacaan data (data Gam lib, thermal lib, membaca data geometri, sifat material, data termos, data Zut, data Gam), melakukan *meshing*, menghitung energi neutron, resonansi absorpsi, dan total integral resonansi. Atas dasar ini penulis mencoba menghitung integral resonansi menggunakan program VSOP yang mana resonansi ini merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk analisis keselamatan pada reaktor.

1.2 VSOP (Very Superior Old Program)

VSOP (Very Superior Old Program) adalah suatu kode sistem yang saling terhubung untuk simulasi numerik dari kinerja fisika reaktor nuklir. VSOP mampu menghitung untuk analisis neutronik dan *thermal flow*. Program ini digunakan untuk semua jenis reaktor termal, termasuk reaktor berukuran kecil seperti pembangkit listrik modular atau pemanfaatan energi panas. Kode ini banyak digunakan untuk pekerjaan pembangunan reaktor suhu tinggi (HTR) dengan elemen bahan bakar bola. Perhitungan VSOP terdiri dari pengolahan tampang lintang, reaktor, desain elemen bakar, evaluasi neutron spektrum, perhitungan difusi untuk 2 atau 3 dimensi, derajat bakar, *fuel shuffling*, kontrol dan perhitungan termalhidrolik keadaan tunak dan transient seperti pada gambar 1 dan menghitung biaya siklus bahan bakar selama umur reaktor. Kode VSOP mampu mengikuti riwayat hidup reaktor dari pertama kali aktif sampai berlangsung menuju fase keseimbangan (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 daya. Karakteristik riwayat

hidup reaktor akan dipertahankan untuk menghitung peluruhan daya untuk setiap elemen bahan bakar. Tahapan kerja VSOP secara umum dapat dilihat dari flowchart dibawah ini :

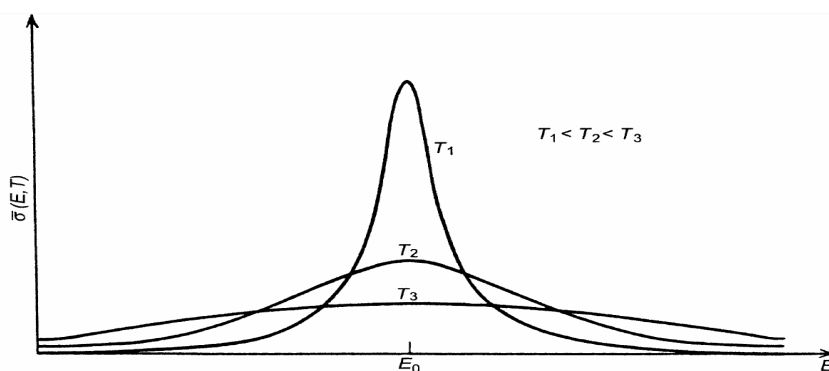


Gambar 1. Flowchart VSOP

2. TEORI

2.1 Integral Resonansi

Fenomena Resonansi Neutron absorpsi merupakan salah satu subjek yang paling mendasar dalam fisika reaktor nuklir. Salah satu sarana yang paling efektif untuk menghilangkan fenomena ini adalah masuk kedalam konsep integral resonansi, Yang menghadapi premis mendasar bahwa penampang lintang resonansi adalah diwakilkan oleh superposisi dari banyak resonansi Breit-Wigner dengan parameter yang diketahui. Premis ini mengikuti struktur resonansi kompleks menjadi karakteristik untuk cara menyederhanakan yang *reasonable* dengan menghitung kontribusi setiap resonansi individu. Pembahasan dalam bagian ini berkonsentrasi pada penampang lintang gelombang neutron lintas dalam kisaran energi-rendah. Pada energi rendah resonansi yang baik dipisahkan, tetapi pada energi yang lebih tinggi resonansi tumpang tindih dan sulit dipisahkan karena akan terjadi kerusakan bahan bakar diakibat getaran. Diharapkan resonansi absorpsi dapat menyerap energi mengakibatkan berkurangnya jumlah neutron thermal. Proses ini terjadi peristiwa pelebaran puncak energi resonansi yang diakibatkan meningkatnya temperatur teras reaktor selama reaksi fisi berlangsung seperti pada gambar 2. Seperti diketahui bahwa neutron resonansi yang berada pada rentang energi 7 eV-200 eV memiliki tampang lintang reaksi yang cukup tinggi terhadap U-238 (karena memiliki nilai energi yang sesuai dengan nilai energi eksitasi inti U-238) sehingga pelebaran dari puncak neutron resonansi akan meningkatkan serapan neutron oleh U-238.



Gambar 2. Efek Doppler

Adapun pengaruh peningkatan temperatur terhadap melebarnya puncak neutron resonansi ialah karena gerakan termal dari inti target yang meningkatkan probabilitas penyerapan neutron. Inti target beresilasi terhadap posisi normalnya akibat peningkatan temperatur. Akibatnya tidak hanya neutron dengan energi tertentu saja yang terserap melainkan juga neutron lain yang memiliki energi yang berada pada interval energi neutron yang sebelumnya akan memiliki probabilitas absorpsi yang besar. Hal ini disebabkan karena apabila inti target bergerak terhadap neutron datang maka neutron dengan energi yang lebih kecil dari energi yang seharusnya akan diserap, sementara itu hal sebaliknya akan terjadi apabila inti target bergerak pada arah yang sama dengan neutron datang. Sehingga puncak-puncak resonansi akan lebih lebar pada temperatur yang tinggi dimana energi neutron puncak resonansi untuk atom U-238 adalah 6,67 eV. Dengan meningkatnya temperatur teras reaktor maka energi termal dari inti target bertambah dan oleh karenanya neutron dengan energi yang lebih rendah dan lebih tinggi dari nilai energi eksitasi inti target akan dengan mudah diserap.

2.2 Formula Perhitungan Resonansi

Integral Resonansi adalah tingkat penyerapan total per inti oleh absorber resonansi ,

$$I_{\gamma} = \int \sigma_{\gamma}(E) \phi(E) dE \quad \dots 1)$$

Persamaan distribusi energi fluks neutron

$$\phi(E) = \frac{E_1 \bar{\xi}(E_1) \Sigma_s(E_1) \phi(E_1)}{E \bar{\xi}(E) \Sigma_s(E)} \exp \left[- \int_E^{E_1} \frac{\Sigma_a(E') dE'}{E' \bar{\xi}(E') \Sigma_s(E')} \right] \quad \dots 2)$$

Persamaan distribusiampang lintang mikroskopik

$$\sigma_{\gamma} = \sigma_0 \sqrt{\frac{E_0}{E}} \frac{\Gamma_{\gamma}}{\Gamma} \psi(x, \xi) \quad \dots 3)$$

Persamaan fungsi efek Doppler

$$\psi(x, \xi) = \frac{\xi}{\sqrt{4\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-[(x-y)^2 \xi^2 / 4]} \frac{dy}{1+y^2} \quad \dots 4)$$

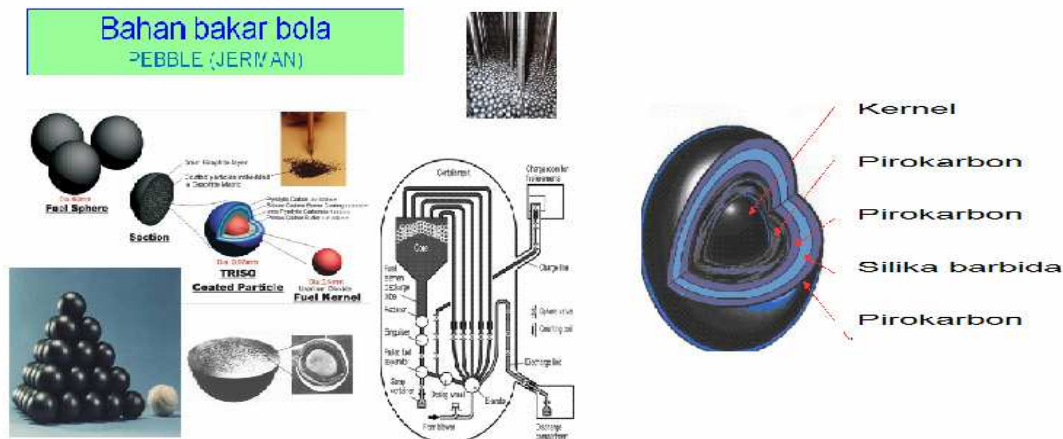
Persamaan karakteristik parameter

$$\xi = \frac{\Gamma}{(4E_0 kT/A)^{1/2}} \quad \dots 5)$$

Dimana σ_0 adalah puncak penampang lintang; Γ_{γ} adalah resonansi penangkapan (*capture resonance*); Γ adalah lebar total resonansi; E dan E_0 adalah energi neutron dan energi neutron puncak resonansi; A adalah mass dari nuklida dalam satuan Amu

2.3 Bahan Bakar Reaktor Htr

Reaktor HTR salah satunya menggunakan bahan bakar berbentuk bola dengan diameter sekitar 1 mm, dimana bagian intinya adalah uranium (UO₂, UC, UCO) kemudian dilapisi buffer, silikon karbon, dan pyrocarbon atau yang biasa disebut dengan bahan bakar berlapis TRISO (tristructural isotropic) seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3. Bahan Bakar Bola

3. PEMBAHASAN DAN HASIL

Bentuk bahan bakar HTR yang digunakan pada VSOP adalah berbentuk bola dan data yang digunakan adalah data *Gam Lib*, *Thermal Lib* dan data geometri serta karakteristik bahan bakar dengan pengkayaan UO_2 sebesar 10% seperti pada gambar 4.

```

=====OUTPUT VSOP FOURTH JOB (FIRST STEP)=====
BAHAN BAKAR = UO2

=====COATED PARTICLE - DATA=====
[Rpar] RADIUS PARTIKEL (CM) = 0.025
[RO1] RO1 (G/CC) = 10.4
[RO2] RO2 (G/CC) = 0.0

LAPISAN BAHAN BAKAR :
NAMA I TEBAL(CM) VARIABEL DENSITAS(G/CC) VARIABEL
PYC BUFFER 0.0095 [T_PYC_buf] 1.05 [DEN_PYC_buf]
PYC INNER 0.004 [T_PYC_in] 1.9 [DEN_PYC_in]
SIC 0.0035 [T_SIC] 3.18 [DEN_SIC]
PYC OUTER 0.004 [T_PYC_out] 1.9 [DEN_PYC_out]

=====COATING=====
GAMNO ISOTOP PARTICLE VARIABEL COATING VARIABEL
5 C 0.0 [PAR_C] 0.072098 [COAT_C]
10 U-35 0.0023211 [PAR_U35] 0.0 [COAT_U35]
12 U-38 0.02089 [PAR_U38] 0.0 [COAT_U38]
23 O 0.046422 [PAR_O] 0.0 [COAT_O]
26 SI 0.0 [PAR_SI] 0.0099479 [COAT_SI]

VOLUME 6.545e-05 [VOL_PAR] 0.00034227 [VOL_COAT]

=====SPHERICAL ELEMENT=====
[DEN_C_M] DENSITY C-MATRIX (G/CC) = 1.75
[DEN_C_SHELL] DENSITY C-SHELL (G/CC) = 1.75
[DEN_C_DUMMY] DENSITY C-DUMMY ELEMENT (G/CC) = 0.0

ONE BALL CONTAINS 0.699999E+01 GR. HM AND 0.69202E+00 GR. FISSILE

[R_FZ] RADIUS OF FUEL-ZONE (CM) = 2.5
[R_B] RADIUS OF BALL (CM) = 3.0
[DEM_HM] DENSITY HM IN FUEL.Z. (G/CC) = 0.10695
[FF] FFACTOR CP IN FUEL-ZONE = 0.072682
[MOD_R] MODERATION RATIO (C-AT/SM-AT) = 552.55
VOLUME: MATRIX[VM] = 65.45
SHELL[V-SHELL] = 47.647
[GPB] GRAPHITE PER BALL GR = 195.34
[B_KG] BALL PER KG-HM = 142.86
[AF] ASSUMED FIMA = 0.085

ZUT DG DATA (Double.Het)
[SIGP] SIGPZ = 10.70000 ABAR = 0.025000 [ABAR]
[DZE] DZERO = 0.020890 SIGM1 = 0.000000 [SIG1]
[SIG2] SIGM2 = 8.444400 R1 = 0.025000 [Rz1]
[Rz2] R2 = 0.046000 R4 = 2.500000 [Rz4]
[Rz5] R5 = 3.000000 F = 0.072682 [F]
[H] H = 0.000000 SI2 = 0.361490 [SIz2]
[SIz4] SI4 = 0.403610 SI5 = 0.403610 [SIz5]
[ALP] ALPH = 1.069400 DIQ1 = 0.000000 [DIQ1]
[DIQ2] DIQ2 = 2.222200

GAM 1 DATA
GAMNO ISOTOP AT/CM*BARN(DENSITY) VARIABEL
5 C = 0.052824 [Cg]
10 U-35 = 0.000010 [U35g]
12 U-38 = 0.000086 [U38g]
23 O = 0.000191 [Og]
26 SI = 0.000214 [Sig]
  
```

```

THERMOS DATA

ZONE 1 THICKNESS(CM) = 2.500000
ATOMS/CM*BARN      N(J)*V(J)/SUM(N(J)*V(J))    VAR ATOMS/CM*BARN      VAR N(J)*V(J)/SUM(N(J)*V(J))
C      = 0.085763      0.573130      [Cta1]      [Ctn1]
U-35   = 0.000027      1.000000      [U35ta]     [U35tn]
U-38   = 0.000244      1.000000      [U38ta]     [U38tn]
O      = 0.000542      1.000000      [Ota]       [Otn]
SI      = 0.000607      1.000000      [Sita]      [Sitn]

ZONE 2 THICKNESS(CM) = 0.500000 [Th2]
ATOMS/CM*BARN      N(J)*V(J)/SUM(N(J)*V(J))
C      = 0.087741      0.426870      [Cta2]      [Ctn2]

DATA TRANSFER TO V.S.O.P

FUEL TYPE 101
MAFIA-NO      ATOM DENSITY
5      0.000010      [AD1]
7      0.000086      [AD2]
14     0.000000      [AD3]
61     0.000214      [AD4]
62     0.015477      [AD5]
63     0.052824      [AD6]
64     0.000191      [AD7]

CELL COMP      MAT.FRACT      IN ZONE 1      2
1      1.000000      0.000000      1.000000
2      0.573134      0.426866      0.000000

FOR THERMOS :
[R1t]      R1      = 0.025000
[R2t]      R2      = 0.046000
[Ft]       F      = 0.072682
[ALPHt]    ALPH   = 1.069420
[R3t]      R3      = 0.000000
[R4t]      R4      = 2.500000
[R5t]      R5      = 3.000000

```

Gambar 4. Data inputan pada program VSOP

Perhitungan integral resonansi pada program VSOP melakukan meshing yaitu membagi bidang kedalam bentuk bagian yang kecil dengan ukuran yang sama sebanyak 34 kali dan menghitung SNU, SIGA, SI1, SI2, P, P1, DankOff, Arrangement. seperti gambar 5 dibawah ini.

MESH	SNU	SIGA	SI1	SI3	P	P1	DANKOFF	ARRANGEMENT
01	-0.676591	-0.000001	0.508347	0.388634	0.982608	0.990530		
02	-0.356591	9.177193	0.700059	0.390861	0.976191	0.990530		
03	-0.036591	21.815360	0.964071	0.393909	0.967475	0.990530		
04	0.283409	39.219730	1.327648	0.398070	0.955700	0.990530		
05	0.603409	63.187780	1.828341	0.403732	0.939902	0.990530		
06	0.923409	96.194840	2.517860	0.411400	0.918901	0.990530		
07	1.243409	141.649800	3.467414	0.421722	0.891328	0.990530		
08	1.403409	170.449800	4.069048	0.428120	0.874617	0.990530		
09	1.563409	204.247000	4.775072	0.435491	0.855712	0.990530		
10	1.723409	243.908400	5.603599	0.443954	0.834445	0.990530		
11	1.883409	290.451400	6.575884	0.453635	0.810670	0.990530		
12	2.043409	345.070200	7.716872	0.464658	0.784279	0.990530		
13	2.203409	409.166000	9.055834	0.477139	0.755216	0.990530		
14	2.363409	484.383100	10.627120	0.491183	0.723488	0.990530		
15	2.523409	572.651100	12.471040	0.506863	0.689184	0.990530		
16	2.683409	676.234700	14.634910	0.524215	0.652482	0.990530		
17	2.843410	797.791100	17.174220	0.543213	0.613659	0.990530		
18	3.003410	940.438900	20.154140	0.563752	0.573090	0.990530		
19	3.163410	1107.838000	23.651100	0.585630	0.531243	0.990530		
20	3.323410	1304.282000	27.754830	0.608534	0.488661	0.990530		
21	3.483410	1534.811000	32.570590	0.632028	0.445944	0.990530		
22	3.643410	1822.809000	38.853870	0.657537	0.362582	0.990530		
23	4.123410	2932.556000	61.769500	0.720171	0.285835	0.990530		
24	4.443410	4047.682000	85.064510	0.752695	0.219251	0.990530		
25	4.763410	5583.353000	117.144700	0.774663	0.164592	0.990530		
26	5.083410	7698.169000	161.323300	0.787729	0.121755	0.990530		
27	5.403410	10610.540000	222.162800	0.794899	0.089286	0.990530	0.327910	0.428011
28	5.723411	14621.250000	305.946600	0.798712	0.065168	0.990530	0.329669	0.428245
29	6.043411	20144.510000	421.327600	0.800726	0.047449	0.990530	0.330593	0.428368
30	6.363411	27750.750000	580.222100	0.801789	0.034504	0.990530	0.331079	0.428433
31	6.683411	38225.510000	799.040100	0.802349	0.025074	0.990530	0.331334	0.428467
32	7.003411	52650.590000	1100.380000	0.802645	0.018214	0.990530	0.331469	0.428485
33	7.323411	72515.780000	1515.365000	0.802800	0.013229	0.990530	0.331540	0.428494
34	7.643412	99872.690000	2086.851000	0.802883	0.009607	0.990530	0.331578	0.428499

Gambar 5. Hasil Meshing sebanyak 34x

Setelah melakukan meshing dan melakukan perhitungan SIGA dan yang lainnya maka dilakukan perhitungan energi neutron dan energi puncak resonansi pada Nzero yang berbeda sebagai parameter inputan untuk perhitungan resonansi absorpsi yang ditunjukkan pada gambar 6.

```

INPUT PARAMETERS
A ZERO      = 238.0
G           = 1.0
SIG P ZERO  = 11.29
TEMP        = 293.0
EC          = 3921.0
D           = 18.5
GAMMA N ZERO = 0.001739
GAMMA GAMMA = 0.0246
GEOMETRY    = 3.0
A BAR       = 0.0025
C           = 0.420409
N ZERO      = 0.000243731
SIG MOD1    = 1561.33
SIG MOD2    = 8.44444

GRP  EU      EO      UNR      SIGA
22  48867.70000  52475.20000  0.097275  0.017597
23  31827.80000  48867.70000  0.122172  0.028189
24  24787.50000  31827.80000  0.153257  0.035277
25  19304.50000  24787.50000  0.192214  0.044247
26  15034.40000  19304.50000  0.241186  0.055510
27  11708.80000  15034.40000  0.302372  0.069616
28  9118.820000  11708.80000  0.377997  0.087123
29  7181.740000  9118.820000  0.471269  0.108733
30  5538.840000  7181.740000  0.586157  0.135364
31  4387.430000  5538.840000  0.726972  0.168068
32  3354.630000  4387.430000  0.899001  0.084388

RESONANCE DATA - INTEGRAL
[SUM11a] SUM = 0.962484

      untuk NZERO = 1e-10
GRP  EU      EO      UNR      SIGA
22  48867.70000  52475.20000  0.097275  0.017597
23  31827.80000  48867.70000  0.122172  0.028189
24  24787.50000  31827.80000  0.153257  0.035277
25  19304.50000  24787.50000  0.192214  0.044247
26  15034.40000  19304.50000  0.241186  0.055510
27  11708.80000  15034.40000  0.302372  0.069616
28  9118.820000  11708.80000  0.377997  0.087123
29  7181.740000  9118.820000  0.471269  0.108733
30  5538.840000  7181.740000  0.586157  0.135364
31  4387.430000  5538.840000  0.726972  0.168068
32  3354.630000  4387.430000  0.899001  0.084388

RESONANCE DATA - INTEGRAL
[SUM11b] SUM = 0.962484

```

Gambar 6. Hasil eksekusi untuk Energi neutron pada posisi (Nzero) yang berbeda

Tahap selanjutnya adalah menghitung integral resonansi yang dimulai menghitung nilai energi pada saat terjadi tumbukan neutron seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.

```

RESONANCE ABSORPTION CALCULATION
TAPE CONDITION - 11 - MAERZ 94
TABLE OF CONTENTS :
[AZERO1] A ZERO      = 238.0
[G1]      G           = 1.0
[SPZERO]  SIG P ZERO  = 11.29
[TEMP1]   TEMP        = 293.0

NO  E ZERO      GAMMA N      GAMMA GAMMA      R      S
001  6.672000    0.001500    0.023700    0.000000    5.000000
002  20.860000    0.010100    0.023000    0.000000    5.000000
003  36.670000    0.033300    0.023500    0.000000    5.000000
004  66.010000    0.024900    0.022900    0.000000    5.000000
005  80.130000    0.001870    0.024400    0.000000    5.000000
006  102.500000    0.070900    0.025100    0.000000    5.000000
007  116.900000    0.025600    0.023100    0.000000    5.000000
008  145.600000    0.000909    0.023000    0.000000    5.000000
009  165.300000    0.003310    0.023900    0.000000    5.000000
010  189.600000    0.176000    0.023100    0.000000    5.000000
011  208.500000    0.049500    0.022300    0.000000    5.000000
012  237.300000    0.026500    0.024200    0.000000    5.000000
013  273.600000    0.025300    0.023100    0.000000    5.000000
014  291.000000    0.016500    0.023100    0.000000    5.000000
015  311.300000    0.001050    0.023300    0.000000    5.000000
016  347.700000    0.079200    0.022900    0.000000    5.000000
017  376.900000    0.001250    0.024600    0.000000    5.000000
018  397.600000    0.006120    0.024400    0.000000    5.000000
019  410.200000    0.019800    0.022500    0.000000    5.000000
020  434.000000    0.009760    0.024100    0.000000    5.000000
021  463.100000    0.005540    0.023100    0.000000    5.000000
022  478.400000    0.004140    0.023700    0.000000    5.000000
023  518.300000    0.048900    0.024100    0.000000    5.000000
024  535.300000    0.043600    0.024100    0.000000    5.000000
025  580.100000    0.036500    0.025100    0.000000    5.000000
026  595.000000    0.085800    0.023100    0.000000    5.000000
027  619.900000    0.030200    0.023300    0.000000    5.000000
028  628.500000    0.006300    0.023900    0.000000    5.000000
029  661.100000    0.126000    0.024900    0.000000    5.000000
030  693.100000    0.040400    0.022900    0.000000    5.000000
031  708.300000    0.021100    0.025500    0.000000    5.000000
032  721.600000    0.001760    0.023700    0.000000    5.000000
033  730.100000    0.001000    0.023800    0.000000    5.000000
034  765.100000    0.007570    0.023500    0.000000    5.000000
035  790.800000    0.006840    0.023400    0.000000    5.000000
036  821.600000    0.065300    0.023600    0.000000    5.000000
037  851.000000    0.062900    0.024000    0.000000    5.000000
038  856.100000    0.086600    0.023700    0.000000    5.000000
039  866.400000    0.005410    0.023500    0.000000    5.000000

```

040	905.000000	0.054200	0.023700	0.000000	5.000000
041	925.100000	0.014000	0.026000	0.000000	5.000000
042	937.000000	0.150000	0.023700	0.000000	5.000000
043	958.500000	0.205000	0.022800	0.000000	5.000000
044	991.600000	0.378000	0.029200	0.000000	5.000000
045	1023.000000	0.008450	0.022800	0.000000	5.000000
046	1054.000000	0.094600	0.023200	0.000000	5.000000
047	1099.000000	0.021400	0.023800	0.000000	5.000000
048	1109.000000	0.034600	0.023400	0.000000	5.000000
049	1140.000000	0.235000	0.023700	0.000000	5.000000
050	1168.000000	0.086800	0.023100	0.000000	5.000000
051	1177.000000	0.069200	0.022700	0.000000	5.000000
052	1195.000000	0.094600	0.021100	0.000000	5.000000
053	1211.000000	0.009640	0.023600	0.000000	5.000000
054	1245.000000	0.254000	0.022800	0.000000	5.000000
055	1267.000000	0.029600	0.024700	0.000000	5.000000
056	1273.000000	0.028300	0.023700	0.000000	5.000000
057	1299.000000	0.003490	0.023600	0.000000	5.000000
058	1394.000000	0.211000	0.024200	0.000000	5.000000
059	1405.000000	0.072800	0.025400	0.000000	5.000000
060	1420.000000	0.009160	0.023500	0.000000	5.000000
061	1428.000000	0.028500	0.025400	0.000000	5.000000
062	1444.000000	0.015000	0.022700	0.000000	5.000000
063	1474.000000	0.121000	0.023900	0.000000	5.000000
064	1523.000000	0.245000	0.023800	0.000000	5.000000
065	1565.000000	0.005670	0.023300	0.000000	5.000000
066	1598.000000	0.378000	0.022100	0.000000	5.000000
067	1623.000000	0.101000	0.022300	0.000000	5.000000
068	1638.000000	0.050800	0.023000	0.000000	5.000000
069	1662.000000	0.224000	0.024100	0.000000	5.000000
070	1689.000000	0.107000	0.023500	0.000000	5.000000
071	1710.000000	0.089500	0.027000	0.000000	5.000000
072	1723.000000	0.017400	0.022700	0.000000	5.000000
073	1756.000000	0.139000	0.026000	0.000000	5.000000
074	1783.000000	0.662000	0.023600	0.000000	5.000000
075	1808.000000	0.019000	0.019100	0.000000	5.000000
076	1846.000000	0.011100	0.019300	0.000000	5.000000
077	1903.000000	0.044200	0.024100	0.000000	5.000000
078	1917.000000	0.039800	0.022700	0.000000	5.000000
079	1954.000000	0.004250	0.023700	0.000000	5.000000
080	1969.000000	0.822000	0.028800	0.000000	5.000000
081	1975.000000	0.438000	0.023400	0.000000	5.000000
082	2024.000000	0.227000	0.023400	0.000000	5.000000
083	2030.000000	0.046900	0.023000	0.000000	5.000000
084	2089.000000	0.025600	0.022800	0.000000	5.000000
085	2096.000000	0.026300	0.024300	0.000000	5.000000
086	2146.000000	0.074700	0.023700	0.000000	5.000000
087	2153.000000	0.300000	0.024400	0.000000	5.000000
088	2187.000000	0.591000	0.024200	0.000000	5.000000
089	2201.000000	0.105000	0.025200	0.000000	5.000000
090	2260.000000	0.109000	0.025300	0.000000	5.000000
091	2267.000000	0.234000	0.022000	0.000000	5.000000
092	2282.000000	0.188000	0.021000	0.000000	5.000000
093	2316.000000	0.019100	0.024000	0.000000	5.000000
094	2353.000000	0.055200	0.028200	0.000000	5.000000
095	2356.000000	0.077900	0.024100	0.000000	5.000000
096	2392.000000	0.030100	0.024000	0.000000	5.000000
097	2411.000000	0.005630	0.024300	0.000000	5.000000
098	2427.000000	0.157000	0.023700	0.000000	5.000000
099	2447.000000	0.223000	0.023600	0.000000	5.000000

100	2456.000000	0.017300	0.024000	0.000000	5.000000
101	2489.000000	0.105000	0.024400	0.000000	5.000000
102	2521.000000	0.019000	0.024300	0.000000	5.000000
103	2548.000000	0.738000	0.023500	0.000000	5.000000
104	2560.000000	0.278000	0.023700	0.000000	5.000000
105	2581.000000	0.447000	0.023600	0.000000	5.000000
106	2598.000000	0.761000	0.022700	0.000000	5.000000
107	2620.000000	0.048100	0.023800	0.000000	5.000000
108	2672.000000	0.288000	0.024000	0.000000	5.000000
109	2697.000000	0.031200	0.024000	0.000000	5.000000
110	2717.000000	0.177000	0.023600	0.000000	5.000000
111	2751.000000	0.041700	0.023900	0.000000	5.000000
112	2763.000000	0.018900	0.023800	0.000000	5.000000
113	2787.000000	0.015000	0.024600	0.000000	5.000000
114	2806.000000	0.010200	0.024600	0.000000	5.000000
115	2829.000000	0.020800	0.023600	0.000000	5.000000
116	2865.000000	0.218000	0.022200	0.000000	5.000000
117	2883.000000	0.608000	0.024400	0.000000	5.000000
118	2897.000000	0.017800	0.023900	0.000000	5.000000
119	2934.000000	0.038300	0.024100	0.000000	5.000000
120	2957.000000	0.021800	0.024500	0.000000	5.000000
121	3004.000000	0.122000	0.024700	0.000000	5.000000
122	3029.000000	0.137000	0.023700	0.000000	5.000000
123	3060.000000	0.032900	0.024300	0.000000	5.000000
124	3110.000000	0.230000	0.023600	0.000000	5.000000
125	3149.000000	0.113000	0.023600	0.000000	5.000000
126	3170.000000	0.010900	0.023600	0.000000	5.000000
127	3179.000000	0.093500	0.023800	0.000000	5.000000
128	3189.000000	0.111000	0.022100	0.000000	5.000000
129	3206.000000	0.096200	0.023800	0.000000	5.000000
130	3220.000000	0.009520	0.024800	0.000000	5.000000
131	3226.000000	0.024900	0.024400	0.000000	5.000000
132	3249.000000	0.026200	0.023100	0.000000	5.000000
133	3273.000000	0.013600	0.029400	0.000000	5.000000
134	3280.000000	0.285000	0.023600	0.000000	5.000000
135	3297.000000	0.010100	0.025500	0.000000	5.000000
136	3312.000000	0.166000	0.023600	0.000000	5.000000
137	3322.000000	0.139000	0.022700	0.000000	5.000000
138	3334.000000	0.106000	0.024100	0.000000	5.000000
139	3356.000000	0.125000	0.023800	0.000000	5.000000
140	3390.000000	0.026000	0.024900	0.000000	5.000000
141	3409.000000	0.243000	0.023700	0.000000	5.000000
142	3436.000000	0.425000	0.023900	0.000000	5.000000
143	3458.000000	0.731000	0.024700	0.000000	5.000000
144	3486.000000	0.098800	0.023800	0.000000	5.000000
145	3496.000000	0.010700	0.025000	0.000000	5.000000
146	3562.000000	0.270000	0.023600	0.000000	5.000000
147	3574.000000	0.437000	0.023600	0.000000	5.000000
148	3595.000000	0.057600	0.023800	0.000000	5.000000
149	3623.000000	0.024300	0.028000	0.000000	5.000000
150	3630.000000	0.535000	0.023600	0.000000	5.000000
151	3693.000000	0.419000	0.023600	0.000000	5.000000
152	3717.000000	0.114000	0.023900	0.000000	5.000000
153	3734.000000	0.219000	0.023800	0.000000	5.000000
154	3765.000000	0.104000	0.023900	0.000000	5.000000
155	3782.000000	0.480000	0.024000	0.000000	5.000000
156	3832.000000	0.013800	0.024200	0.000000	5.000000
157	3858.000000	0.600000	0.023600	0.000000	5.000000
158	3873.000000	0.180000	0.023900	0.000000	5.000000
159	3902.000000	0.300000	0.024300	0.000000	5.000000
160	3915.000000	0.107000	0.023100	0.000000	5.000000
161	3940.000000	0.180000	0.024100	0.000000	5.000000
162	3955.000000	0.128000	0.023900	0.000000	5.000000

Gambar 7. Hasil eksekusi Energi awal pada tumbukan elastis neutron

Setelah tumbukan neutron maka dihitung energi neutron dan energi pada puncak resonansi dan resonansi absorpsi seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 dibawah ini.

NO	GRP	EO	EU	RES. ABS.
01	22	0.524752E+05	0.408677E+05	-0.000091
02	23	0.408677E+05	0.318278E+05	-0.000189
03	24	0.318278E+05	0.247875E+05	-0.000302
04	25	0.247875E+05	0.193045E+05	-0.000437
05	26	0.193045E+05	0.150344E+05	-0.000543
06	27	0.150344E+05	0.117088E+05	-0.000612
07	28	0.117088E+05	0.911882E+04	-0.000750
08	29	0.911882E+04	0.710174E+04	-0.001067
09	30	0.710174E+04	0.553084E+04	-0.001637
10	31	0.553084E+04	0.430743E+04	-0.002614
11	32	0.430743E+04	0.335463E+04	0.131799
12	33	0.335463E+04	0.261259E+04	0.216015
13	34	0.261259E+04	0.203468E+04	0.278875
14	35	0.203468E+04	0.158461E+04	0.352752
15	36	0.158461E+04	0.123410E+04	0.321523
16	37	0.123410E+04	0.961117E+03	0.459270
17	38	0.961117E+03	0.748518E+03	0.629016
18	39	0.748518E+03	0.582947E+03	0.711024
19	40	0.582947E+03	0.453999E+03	0.696394
20	41	0.453999E+03	0.353575E+03	0.524619
21	42	0.353575E+03	0.275364E+03	0.841332
22	43	0.275364E+03	0.214454E+03	1.204720
23	44	0.214454E+03	0.167017E+03	1.813980
24	45	0.167017E+03	0.130073E+03	0.563928
25	46	0.130073E+03	0.101301E+03	4.508400
26	47	0.101301E+03	0.788932E+02	1.045960
27	48	0.788932E+02	0.614421E+02	4.342160
28	49	0.614421E+02	0.478512E+02	0.002104
29	50	0.478512E+02	0.372665E+02	0.552547
30	51	0.372665E+02	0.290232E+02	9.739700
31	52	0.290232E+02	0.226033E+02	0.116667
32	53	0.226033E+02	0.176035E+02	16.435300
33	54	0.176035E+02	0.137096E+02	0.046503
34	55	0.137096E+02	0.106770E+02	0.000000
35	56	0.106770E+02	0.831529E+01	0.087156
36	57	0.831529E+01	0.647595E+01	32.950400
37	58	0.647595E+01	0.504348E+01	2.555990
38	59	0.504348E+01	0.392786E+01	0.233474
39	60	0.392786E+01	0.305902E+01	0.016279

Gambar 8. Hasil Eksekusi untuk Resonansi Absorpsi

Untuk menghitung integral resonansi pada program VSOP menggunakan distribusi energi neutron di kisaran energi perlambatan (*slow down energy*) sebagai inputan seperti pada gambar 9, dimana energi kinetik neutron sebesar 6,67 EV

```

FIRST AND LAST CALCULATED RESONANCE AT    0.667200E+01    0.395500E+04 EV
1 ON UNIT 30 SET NO.    7 FOR CASE NO.    7701,NUCLIDE-NO.    12 FOR    0.29300E+03 KELVIN IS STORED:

RESONANCE INTEGRAL IN GAM-GROUPS
GRP      UP.ENERGY.LIMIT [UEL[i]]    RES.SIGM [RS[i]]    NEW.CALCULATED PART [CAL[i]]
1        0.100000E+08                0.000000E+00                0.000000E+00
2        0.778801E+07                0.000000E+00                0.000000E+00
3        0.606531E+07                0.000000E+00                0.000000E+00
4        0.472367E+07                0.000000E+00                0.000000E+00
5        0.367879E+07                0.000000E+00                0.000000E+00
6        0.286505E+07                0.000000E+00                0.000000E+00
7        0.223130E+07                0.000000E+00                0.000000E+00
8        0.173774E+07                0.000000E+00                0.000000E+00
9        0.135335E+07                0.000000E+00                0.000000E+00
10       0.105399E+07                0.000000E+00                0.000000E+00
11       0.820850E+06                0.000000E+00                0.000000E+00
12       0.639279E+06                0.000000E+00                0.000000E+00
13       0.497871E+06                0.000000E+00                0.000000E+00
14       0.387742E+06                0.000000E+00                0.000000E+00
15       0.301974E+06                0.000000E+00                0.000000E+00
16       0.235177E+06                0.000000E+00                0.000000E+00
17       0.183156E+06                0.000000E+00                0.000000E+00
18       0.142642E+06                0.000000E+00                0.000000E+00
19       0.111090E+06                0.000000E+00                0.000000E+00
20       0.865170E+05                0.000000E+00                0.000000E+00
21       0.673795E+05                0.000000E+00                0.000000E+00
22       0.524752E+05                -0.909995E-04                -0.909995E-04
23       0.408677E+05                -0.188908E-03                -0.188908E-03
24       0.318278E+05                -0.302020E-03                -0.302020E-03
25       0.247875E+05                -0.436604E-03                -0.436604E-03
26       0.193045E+05                -0.542514E-03                -0.542514E-03
27       0.150344E+05                -0.611871E-03                -0.611871E-03
28       0.117088E+05                -0.749715E-03                -0.749715E-03
29       0.911882E+04                -0.106708E-02                -0.106708E-02
30       0.710174E+04                -0.163674E-02                -0.163674E-02
31       0.553084E+04                -0.261378E-02                -0.261378E-02
32       0.430743E+04                0.131799E+00                0.131799E+00

```

33	0.335463E+04	0.216015E+00	0.216015E+00
34	0.261259E+04	0.278875E+00	0.278875E+00
35	0.203468E+04	0.352752E+00	0.352752E+00
36	0.158461E+04	0.321523E+00	0.321523E+00
37	0.123410E+04	0.459270E+00	0.459270E+00
38	0.961117E+03	0.629016E+00	0.629016E+00
39	0.748518E+03	0.711024E+00	0.711024E+00
40	0.582947E+03	0.696394E+00	0.696394E+00
41	0.453999E+03	0.524619E+00	0.524619E+00
42	0.353575E+03	0.841332E+00	0.841332E+00
43	0.275364E+03	0.120472E+01	0.120472E+01
44	0.214454E+03	0.181398E+01	0.181398E+01
45	0.167017E+03	0.563928E+00	0.563928E+00
46	0.130073E+03	0.450840E+01	0.450840E+01
47	0.101301E+03	0.104596E+01	0.104596E+01
48	0.788932E+02	0.434216E+01	0.434216E+01
49	0.614421E+02	0.210390E-02	0.210390E-02
50	0.478512E+02	0.552547E+00	0.552547E+00
51	0.372665E+02	0.973970E+01	0.973970E+01
52	0.290232E+02	0.116667E+00	0.116667E+00
53	0.226033E+02	0.164353E+02	0.164353E+02
54	0.176035E+02	0.465034E-01	0.465034E-01
55	0.137096E+02	0.000000E+00	0.000000E+00
56	0.106770E+02	0.871558E-01	0.871558E-01
57	0.831529E+01	0.329504E+02	0.329504E+02
58	0.647595E+01	0.255599E+01	0.255599E+01
59	0.504348E+01	0.233474E+00	0.233474E+00
60	0.392786E+01	0.162790E-01	0.162790E-01
61	0.305902E+01	0.000000E+00	0.000000E+00
62	0.238237E+01	0.000000E+00	0.000000E+00
63	0.185539E+01	0.000000E+00	0.000000E+00
64	0.144498E+01	0.000000E+00	0.000000E+00
65	0.112535E+01	0.000000E+00	0.000000E+00
66	0.876425E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
67	0.682560E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
68	0.531579E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

Gambar 9. Hasil eksekusi batasan energi neutron

Parameter inputan untuk menghitung integral resonansi, total integral resonansi pada energi awal seperti ditunjukkan pada gambar 10 dibawah ini.

```

RESONANCE ABSORPTION CALCULATION

@ INPUT PARAMETERS

=====INPUT PARAMETERS=====

[AZERO1] A ZERO    = 238.000000  [SPZERO] SIG P ZERO = 11.290000
[G1]      G         = 1.000000  [SMOD1]  SIG MOD 1  = 0.000000
[AMOD1]   A MOD1    = 12.000000  [SMOD21] SIG MOD2   = 8.444440
[AMOD2]   A MOD2    = 16.000000  [ABAR]   ABAR      = 0.025000
[NZ3]     N ZERO    = 0.020890  [C2]     C         = 0.000000
[GEO]     GEOMETRY  = NONE
[TEMP1]   TEMP      = 293.000000

```

Gambar 10. Parameter inputan untuk menghitung Integral resonansi

Pada gambar 11 merupakan hasil eksekusi program untuk menghitung integral resonansi, total integral resonansi pada tumbukan in elastik pada energi neutron awal (E zero) dan Integral resonansi dan total integral resonansi pada suhu 293K .

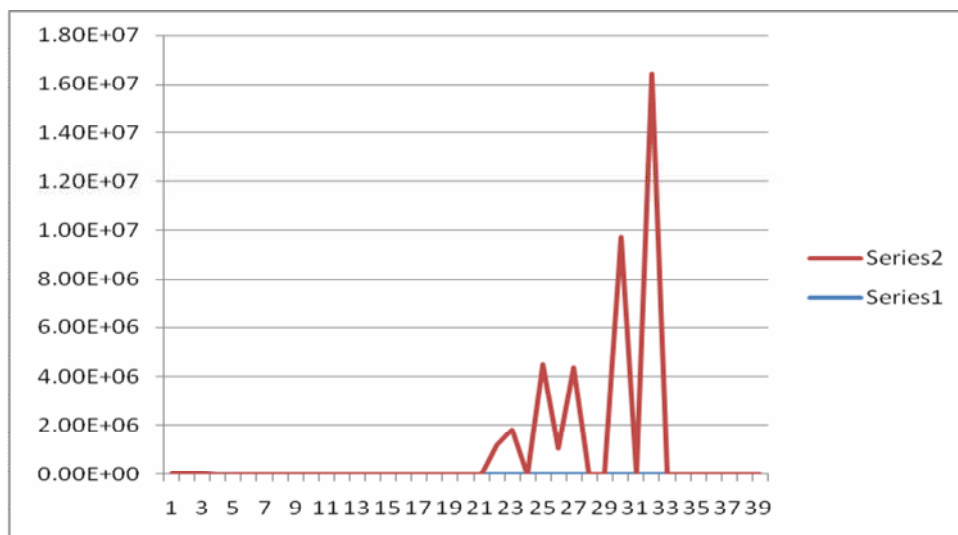
E ZERO	GAMMA N	GAMMA GAMMA	R	S	SOLUTION	INTEGRAL	CORRECTION	TOTAL
6.67200E+00	1.50000E-03	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.58433E+01	1.93728E-01	3.60370E+01
2.08600E+01	1.01000E-02	2.30000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.65904E+01	1.23010E-01	1.67134E+01
3.66700E+01	3.33000E-02	2.35000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.03003E+01	7.41561E-02	1.03744E+01
6.60100E+01	2.49000E-02	2.29000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.34427E+00	3.34462E-02	4.37772E+00
8.07300E+01	1.87000E-03	2.44000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	9.60716E-01	4.97545E-03	9.65691E-01
1.02500E+02	7.09000E-02	2.51000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.60081E+00	2.25749E-02	2.62338E+00
1.16900E+02	2.56000E-02	2.31000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.99283E+00	1.43418E-02	2.00717E+00
1.45600E+02	9.09000E-04	2.30000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.63361E-01	5.10416E-04	1.63872E-01
1.65300E+02	3.31000E-03	2.39000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.00994E-01	1.42530E-03	4.02419E-01
1.89600E+02	1.76000E-01	2.31000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	9.44982E-01	9.09447E-03	9.54076E-01
2.08500E+02	4.95000E-02	2.23000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.68571E-01	6.67883E-03	6.75250E-01
2.37300E+02	2.65000E-02	2.42000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.86058E-01	4.73018E-03	6.90789E-01
2.73600E+02	2.53000E-02	2.31000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.20039E-01	2.98869E-03	5.23628E-01
2.91000E+02	1.65000E-02	2.31000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.97714E-01	1.68132E-03	3.99395E-01
3.11300E+02	1.05000E-03	2.33000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.17726E-02	9.12394E-05	4.18639E-02
3.47700E+02	7.92000E-02	2.29000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.00473E-01	3.35650E-03	4.03830E-01
3.76900E+02	1.25000E-03	2.46000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.37775E-02	7.10782E-05	3.38486E-02
3.97600E+02	6.12000E-03	2.44000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.21023E-01	2.90110E-04	1.21322E-01
4.10200E+02	1.98000E-02	2.25000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.27757E-01	8.19378E-04	2.28576E-01
4.34000E+02	9.76000E-03	2.41000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.42061E-01	3.79940E-04	1.42441E-01
4.63100E+02	5.54000E-03	2.31000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	8.23819E-02	1.73232E-04	8.25552E-02
4.78400E+02	4.14000E-03	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.13889E-02	1.23556E-04	6.15125E-02
5.18300E+02	4.89000E-02	2.41000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.04679E-01	1.23466E-03	2.05914E-01
5.35300E+02	4.36000E-02	2.41000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.88714E-01	1.00044E-03	1.89714E-01
5.80100E+02	3.65000E-02	2.51000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.59521E-01	7.06277E-04	1.60227E-01
5.95000E+02	8.58000E-02	2.31000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.65583E-01	1.45063E-03	1.67034E-01
6.19900E+02	3.02000E-02	2.33000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.26910E-01	4.68793E-04	1.27378E-01
6.28500E+02	6.30000E-03	2.39000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.03133E-02	9.57992E-05	5.04091E-02
6.61100E+02	1.26000E-01	2.49000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.47701E-01	1.46272E-03	1.49163E-01
6.93100E+02	4.04000E-02	2.29000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.11632E-01	4.65127E-04	1.12097E-01
7.08300E+02	2.11000E-02	2.55000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	8.85264E-02	2.51225E-04	8.87777E-02
7.21600E+02	1.76000E-03	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.27529E-02	1.87931E-05	1.27717E-02
7.30100E+02	1.00000E-03	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.31514E-03	1.03365E-05	7.32547E-03
7.65100E+02	7.57000E-03	2.35000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.90839E-02	6.89594E-05	3.91529E-02
7.90800E+02	6.84000E-03	2.34000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.39065E-02	5.70699E-05	3.39635E-02
8.21600E+02	6.53000E-02	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	9.22566E-02	5.05020E-04	9.27617E-02
8.51000E+02	6.29000E-02	2.40000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.69898E-02	4.56357E-04	8.74462E-02
8.56100E+02	8.66000E-02	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	8.89713E-02	5.97049E-04	8.95684E-02
8.66400E+02	5.41000E-03	2.35000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.35929E-02	3.66351E-05	2.36295E-02
9.05000E+02	5.42000E-02	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.46315E-02	3.27366E-04	7.49589E-02

9.25100E+02	1.40000E-02	2.60000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.21712E-02	8.84898E-05	4.22597E-02
9.37000E+02	1.50000E-01	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.72654E-02	8.17505E-04	7.80830E-02
9.58500E+02	2.05000E-01	2.28000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.10537E-02	8.06088E-04	7.18597E-02
9.91600E+02	3.78000E-01	2.92000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	8.07875E-02	9.78075E-04	8.17656E-02
1.02300E+03	8.45000E-03	2.28000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.36668E-02	3.64009E-05	2.37032E-02
1.05400E+03	9.46000E-02	2.32000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.03504E-02	3.86153E-04	6.07365E-02
1.09900E+03	2.14000E-02	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.68334E-02	8.04442E-05	3.69138E-02
1.10900E+03	3.46000E-02	2.34000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.40495E-02	1.26217E-04	4.41757E-02
1.14000E+03	2.35000E-02	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.40371E-02	6.27674E-04	5.46647E-02
1.16800E+03	8.68000E-02	2.31000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.92625E-02	2.68862E-04	4.95313E-02
1.17700E+03	6.92000E-02	2.27000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.63054E-02	2.06856E-04	4.65123E-02
1.19500E+03	9.46000E-02	2.11000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.42930E-02	2.57494E-04	4.45505E-02
1.21100E+03	9.64000E-03	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.87770E-02	2.80411E-05	1.88050E-02
1.24500E+03	2.54000E-01	2.28000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.44809E-02	5.40789E-04	4.50217E-02
1.26700E+03	2.96000E-02	2.47000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.29982E-02	8.01599E-05	3.30784E-02
1.27300E+03	2.83000E-02	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.13671E-02	7.36720E-05	3.14407E-02
1.29900E+03	3.49000E-03	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.31329E-03	8.52550E-06	7.32182E-03
1.39400E+03	2.11000E-01	2.42000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.86013E-02	4.46385E-04	3.90477E-02
1.40500E+03	7.28000E-02	2.54000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.63203E-02	1.57484E-04	3.64778E-02
1.42000E+03	9.16000E-03	2.35000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.31939E-02	1.79727E-05	1.32119E-02
1.42800E+03	2.85000E-02	2.54000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.60875E-02	5.94220E-05	2.61469E-02
1.44400E+03	1.50000E-02	2.27000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.73873E-02	2.69123E-05	1.74142E-02
1.47400E+03	1.21000E-01	2.39000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.39219E-02	2.15719E-04	3.41377E-02
1.52300E+03	2.45000E-01	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.23024E-02	3.99426E-04	3.27018E-02
1.56500E+03	5.67000E-03	2.33000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.54941E-03	8.65317E-06	7.55807E-03
1.59800E+03	3.78000E-01	2.21000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.71415E-02	3.63816E-04	2.75053E-02
1.62300E+03	1.01000E-01	2.23000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.62349E-02	1.34166E-04	2.63691E-02
1.63800E+03	5.08000E-02	2.30000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.30948E-02	6.78438E-05	2.31627E-02
1.66200E+03	2.24000E-01	2.41000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.79311E-02	3.02808E-04	2.82339E-02
1.68900E+03	1.07000E-01	2.35000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.55599E-02	1.35274E-04	2.56951E-02
1.71000E+03	8.95000E-02	2.70000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.71593E-02	1.25967E-04	2.72852E-02
1.72300E+03	1.74000E-02	2.27000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.33386E-02	2.00582E-05	1.33587E-02
1.75600E+03	1.39000E-01	2.60000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.65053E-02	1.77335E-04	2.66827E-02
1.78300E+03	6.62000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.29660E-02	3.37040E-04	2.33031E-02
1.80800E+03	1.90000E-02	1.91000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.17145E-02	1.64065E-05	1.17309E-02
1.84600E+03	1.11000E-02	1.93000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	8.36529E-03	9.26177E-06	8.37455E-03
1.90300E+03	4.42000E-02	2.41000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.70518E-02	4.26922E-05	1.70945E-02
1.91700E+03	3.98000E-02	2.27000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.56243E-02	3.51652E-05	1.56595E-02
1.95400E+03	4.25000E-03	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.83742E-03	3.74070E-06	3.84116E-03
1.96900E+03	8.22000E-01	2.88000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.30697E-02	3.54045E-04	2.34237E-02
1.97500E+03	4.38000E-01	2.34000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.94220E-02	2.83401E-04	1.97054E-02
2.02400E+03	2.27000E-01	2.34000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.89108E-02	1.78885E-04	1.90897E-02
2.03000E+03	4.69000E-02	2.30000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.48420E-02	3.70407E-05	1.48790E-02
2.08900E+03	2.56000E-02	2.28000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.10942E-02	1.86194E-05	1.11128E-02
2.09600E+03	2.63000E-02	2.43000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.15393E-02	2.01571E-05	1.15595E-02
2.14600E+03	7.47000E-02	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.53096E-02	5.24952E-05	1.53621E-02
2.15300E+03	3.00000E-01	2.44000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.74848E-02	2.11588E-04	1.76964E-02
2.18700E+03	5.91000E-01	2.42000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.64298E-02	2.48922E-04	1.66787E-02
2.20100E+03	1.05000E-01	2.52000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.62438E-02	7.34651E-05	1.63173E-02
2.26000E+03	1.09000E-01	2.53000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.55691E-02	7.17794E-05	1.56409E-02
2.26700E+03	2.34000E-01	2.20000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.44658E-02	1.32213E-04	1.45980E-02
2.28200E+03	1.88000E-01	2.10000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.66373E-02	9.95295E-05	1.37368E-02
2.31600E+03	1.91000E-02	2.40000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	8.00356E-03	1.11049E-05	8.01466E-03
2.35300E+03	5.52000E-02	2.82000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.33770E-02	3.65123E-05	1.34135E-02
2.35600E+03	7.79000E-02	2.41000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.30376E-02	4.44071E-05	1.30820E-02
2.39200E+03	3.01000E-02	2.40000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	9.37537E-03	1.63299E-05	9.39170E-03
2.41100E+03	5.63000E-03	2.43000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.19748E-03	3.02021E-06	3.20050E-03
2.42700E+03	1.57000E-01	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.33667E-02	8.04973E-05	1.34472E-02
2.44700E+03	2.23000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.33421E-02	1.12859E-04	1.34550E-02
2.45600E+03	1.73000E-02	2.40000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.73869E-03	8.74719E-06	6.74743E-03
2.48900E+03	1.05000E-01	2.44000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.24719E-02	5.21077E-05	1.25240E-02
2.52100E+03	1.90000E-02	2.43000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.77972E-03	9.07467E-06	6.78880E-03
2.54800E+03	7.38000E-01	2.35000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.19591E-02	1.96557E-04	1.21557E-02
2.56000E+03	2.78000E-01	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.23362E-02	1.25471E-04	1.24617E-02
2.58100E+03	4.47000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.19695E-02	1.92900E-04	1.21624E-02
2.59800E+03	7.61000E-01	2.27000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.11434E-02	1.84701E-04	1.13281E-02
2.62000E+03	4.81000E-02	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	9.26747E-03	2.05871E-05	9.28806E-03
2.67200E+03	2.88000E-01	2.40000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.15144E-02	1.19496E-04	1.16339E-02
2.69700E+03	3.12000E-02	2.40000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.50512E-03	1.25176E-05	7.51764E-03
2.71700E+03	1.77000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	1.08152E-02	6.94454E-05	1.08846E-02
2.75100E+03	4.17000E-02	2.39000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	8.04724E-03	1.59366E-05	8.06318E-03
2.76300E+03	1.89000E-02	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.58304E-03	7.05289E-06	5.59009E-03
2.78700E+03	1.50000E-02	2.46000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.86177E-03	5.71322E-06	4.86749E-03
2.80600E+03	1.02000E-02	2.46000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.71881E-03	3.81115E-06	3.72262E-03
2.82900E+03	2.08000E-02	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.58654E-03	7.23745E-06	5.59378E-03
2.86500E+03	2.18000E-01	2.22000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	9.34742E-03	6.86208E-05	9.41604E-03
2.88300E+03	6.08000E-01	2.44000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	9.96212E-03	1.69510E-04	1.01316E-02
2.89700E+03	1.78000E-02	2.39000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.92321E-03	5.96404E-06	4.92918E-03
2.93400E+03	3.83000E-02	2.41000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.90760E-03	1.26020E-05	6.92020E-03
2.95700E+03	2.18000E-02	2.45000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.33506E-03	7.13292E-06	5.34219E-03
3.00400E+03	1.22000E-01	2.47000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	8.92659E-03	3.88072E-05	8.96540E-03
3.02900E+03	1.37000E-01	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	8.60519E-03	4.02712E-05	8.64546E-03

3.06000E+03	3.29000E-02	2.43000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.01494E-03	9.73256E-06	6.02467E-03
3.11000E+03	2.30000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	8.46113E-03	6.27874E-05	8.52392E-03
3.14900E+03	1.13000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.75743E-03	2.99897E-05	7.78742E-03
3.17000E+03	1.09000E-02	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.01485E-03	2.86590E-06	3.01771E-03
3.17900E+03	9.35000E-02	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.43789E-03	2.48110E-05	7.46270E-03
3.18900E+03	1.11000E-01	2.21000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.14847E-03	2.68778E-05	7.17535E-03
3.20600E+03	9.62000E-02	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.35204E-03	2.48881E-05	7.37693E-03
3.22000E+03	9.52000E-03	2.48000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.69746E-03	2.52087E-06	2.69998E-03
3.22600E+03	2.49000E-02	2.44000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.78861E-03	6.44868E-06	4.79506E-03
3.24900E+03	2.62000E-02	2.31000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.70163E-03	6.40268E-06	4.70803E-03
3.27300E+03	1.36000E-02	2.94000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	3.52341E-03	4.11630E-06	3.52753E-03
3.28000E+03	2.85000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.68762E-03	6.84555E-05	7.75607E-03
3.29700E+03	1.01000E-02	2.55000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.70541E-03	2.62163E-06	2.70803E-03
3.31200E+03	1.66000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.34492E-03	3.87513E-05	7.38367E-03
3.32200E+03	1.39000E-01	2.27000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.93985E-03	3.11887E-05	6.97104E-03
3.33400E+03	1.06000E-01	2.41000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.98967E-03	2.53589E-05	7.01503E-03
3.35600E+03	1.25000E-01	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.99331E-03	2.87441E-05	7.02205E-03
3.39000E+03	2.60000E-02	2.49000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.47678E-03	6.12281E-06	4.48290E-03
3.40900E+03	2.43000E-01	2.37000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.13552E-03	5.43887E-05	7.18991E-03
3.43600E+03	4.25000E-01	2.39000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.11494E-03	9.34419E-05	7.20839E-03
3.45800E+03	7.31000E-01	2.47000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	7.14020E-03	1.29210E-04	7.26941E-03
3.48600E+03	9.88000E-02	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.26640E-03	2.07867E-05	6.28719E-03
3.49600E+03	1.07000E-02	2.50000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.49241E-03	2.35001E-06	2.49476E-03
3.56200E+03	2.70000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.55611E-03	5.34538E-05	6.60957E-03
3.57400E+03	4.37000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.52373E-03	8.55108E-05	6.60925E-03
3.59500E+03	5.76000E-02	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.22976E-03	1.11569E-05	5.24091E-03
3.62300E+03	2.43000E-02	2.80000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.01337E-03	5.47277E-06	4.01884E-03
3.63000E+03	5.35000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.29977E-03	1.02009E-04	6.40178E-03
3.69300E+03	4.19000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	6.13481E-03	7.64120E-05	6.21122E-03
3.71700E+03	1.14000E-01	2.39000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.67143E-03	2.06274E-05	5.69206E-03
3.73400E+03	2.19000E-01	2.38000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.97888E-03	3.91931E-05	6.01807E-03
3.76500E+03	1.04000E-01	2.39000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.45121E-03	1.81995E-05	5.46941E-03
3.78200E+03	4.80000E-01	2.40000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.94507E-03	8.28769E-05	6.02794E-03
3.83200E+03	1.38000E-02	2.42000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	2.43217E-03	2.30878E-06	2.43448E-03
3.85800E+03	6.00000E-01	2.36000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.59586E-03	9.80170E-05	5.69388E-03
3.87300E+03	1.80000E-01	2.39000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.51575E-03	2.89706E-05	5.54472E-03
3.90200E+03	3.00000E-01	2.43000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.66862E-03	4.83583E-05	5.71698E-03
3.91500E+03	1.07000E-01	2.31000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	4.93179E-03	1.64317E-05	4.94822E-03
3.94000E+03	1.80000E-01	2.41000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.37376E-03	2.80704E-05	5.40183E-03
3.95500E+03	1.28000E-01	2.39000E-02	0.00000E+00	5.00000E+00	IN,IN,IN	5.10364E-03	1.94324E-05	5.12307E-03
TOTAL RESONANCE INTEGRAL :								
RESOLVED RESONANCE = 81.900800								
INTEGRAL = 81.379600								
CORRECTION = 0.521285								

Gambar 11. Hasil Eksekusi menghitung Integral resonansi, Total integral resonansi

Dari gambar 8 diperoleh bahwa resonansi absorpsi U-238 terbesar pada kisaran $1.67E+07$ pada energi disekitar 6,67 eV sedang pada energi sekitar 50KeV sangat sedikit neutron fisi yang diproduksi seperti ditunjukkan pada gambar 12 dibawah ini.



Gambar 12. Grafik Resonansi absorpsi

4. KESIMPULAN

Pada energi rendah resonansi dapat dipisahkan, tetapi pada energi yang lebih tinggi resonansi tumpang tindih dan sulit dipisahkan yang mengakibatkan getaran pada bahan bakar yang akan terjadi kerusakan bahan bakar. Resonansi absorpsi terbesar pada energi absorpsi sekitar 6,67 eV yang mengakibatkan jumlah neutron paling banyak diserap sedangkan pada energi sekitar 50 Kev sangat sedikit neutron fisi yang diproduksi sehingga pelebaran puncak energi resonansi yang diakibatkan meningkatnya temperatur teras reaktor selama reaksi fisi berlangsung dimana neutron resonansi yang berada pada rentang energi 7 eV-200 eV memiliki tampang lintang reaksi yang cukup tinggi terhadap U-238 (karena memiliki nilai energi yang sesuai dengan nilai energi eksitasi inti U-238) sehingga pelebaran dari puncak neutron resonansi akan meningkatkan serapan neutron oleh U-238.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Zidney, mahasiswa Jurusan Matematika Universitas Islam Negeri (UIN) Jakarta yang telah membantu dalam penyusunan output program VSOP dan sebagai PKL di PPIN – BATAN.

DAFTAR PUSTAKA

- Weston M. Stacey, *Nuclear Reactor Physics*, Second Enlarged, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Walter E. Meyer E. Meyerhof, Professor of Physics Stanford University, *Elements of Nuclear physics*, McGraw-HILL Book Company, New York San Fransisco/London/Toronto/Sydney.
- James J. Duderstadt, Louis J. Hamilton, *Nuclear Reactor Analysis*, Department of Nuclear Engineering, The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, John WILEY & SONS, INC, New York/London/Sydney/Toronto
- VSOP ('94), *Computer Code System for Reactor Physics and Fuel Cycle Simulation*, Input Manual and Comments.